

Projecte de final carrera de la llicenciatura de C.C.A.A.

Avaluació Preliminar de la qualitat ambiental de la platja del Judío de Matanzas (Cuba).

*Ciències Ambientals
Universitat de Girona
Juny 2007*

Realització: Associació Ambiental Naturàlia

Autors:	Ripoll Matas, Maria Magdalena
	Pujol Brescó, Sònia
Tutors tècnics a Catalunya:	Dr. Borrego Moré, Carles
	Dr. Comas Matas, Joaquim
Tutors tècnics a Cuba:	Dr. Almeida Rodríguez, Mariela
	De Armas Vargas, Yohandra
Tutor docent:	Mató i Palós, Emili

*Per a tots aquells que ens hem trobat en el nostre llarg i dur camí,
gràcies per confiar en els nostres somnis.*

Agraïments

Hem comptat amb la col·laboració de:

- Dra. Juana Zoila Junco Horta, membre de la Universidad de Matanzas (Cuba) Camilo Cienfuegos, i presidenta del Centro de Estudios de Medio Ambiente de la Universidad de Matanzas. Gràcies a ella, que ens va informar de les necessitats d'un projecte d'aquest rang, ens va facilitar informació sobre els punts de vista que podríem encarar-ho i que un cop allà ens ha organitzat l'estada per tal de poder dedicar-nos bàsicament a la recollida de mostres, per un posterior anàlisi i obtenció de resultats.
- Dr. Quim Comas, vice-degà de relacions externes de la Universitat de Girona, i també que forma part del projecte com a tutor tècnic per a la part d'indicadors físicoquímics. També ha estat el fil conductor entre nosaltres i na Juana Zoila durant l'etapa d'organització del projecte.
- Dr. Carles Borrego, com a tutor tècnic de la part microbiològica del nostres projecte.
- Dr. Giovanni Pardini, com a promotor del projecte juntament amb la Juana Zoila, i que ens ha facilitat informació sobre la zona.
- Mariela Almeida Rodríguez, com a tutora tècnica de la part físicoquímica durant l'estada al país d'estudi i promotora del projecte d'anàlisi de les aigües de les platges. Una gran mare per a nosaltres.
- Yohandra De Armas Vargas, com a tutora tècnica de la part microbiològica durant l'estada al país d'estudi. La nostra segona mare.
- Arley Rojas, membre i subdirector del Centro de Estudios de Medio Ambiente de la Universidad de Matanzas.

- Dr. José F. Montalvo, membre de l'Institut de Oceanologia de la Habana. Es va desplaçar a la ciutat de Matanzas per nosaltres, per tal de donar-nos un cop de mà amb l'anàlisi de les dades i comentari dels indicadors analitzats.
- Angel Alfonso Martínez, llicenciat en geografia i director de la Unión de Medio Ambiente (UMA) de Matanzas, per la seva ajuda en la recopil·lació d'informació.
- I a tots els membres del CITMA (Centro de Investigación, Tecnología y Medio Ambiente) de Matanzas.
- I més que a ningú, a tots aquells amics i familiars que ens han acompanyat al llarg d'aquest viatge, des de molt a prop o des de molt lluny, que han fet que això més que un projecte sigui... una aventura, una experiència o una forma de créixer, professionalment o com a persones.

Gràcies a tots.

TAULA DE CONTINGUTS

CAPÍTOL I: INTRODUCCIÓ.....	10
1.- Problemàtica.....	10
2.- Objectius.....	10
3.- Tasques realitzades.....	10
CAPÍTOL II: REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA.....	12
1.- Situació geogràfica.....	12
1.1.- Cuba.....	12
1.2.- Província de Matanzas.....	13
1.3.- Platja del Judío.....	14
2.- Fonts contaminants.....	16
2.1.- Província de Matanzas.....	16
2.2.- Badia de Matanzas.....	17
2.3.- Platja del Judío.....	20
3.- Indicadors.....	23
3.1.- Indicadors microbiològics.....	19
3.1.1.- Característiques dels indicadors microbiològics.....	23
3.1.2.- Tipus d'indicadors.....	23
3.2.- Indicadors físicoquímics.....	24
3.2.1.- Característiques físiques i químiques de l'aigua.....	24
a) Transparència o terbolesa, color, sabor i olor.....	24
b) Temperatura.....	25
c) pH.....	25
d) Salinitat i conductivitat elèctrica.....	25
e) Oxigen dissolt.....	25
f) Demanda Biològica d'Oxigen.....	26
g) Demanda Química d'Oxigen.....	26
h) Fòsfors.....	27
i) Nitrats/Nitrits.....	27
j) Sòlids.....	27
3.2.2.- Característiques físiques i químiques del sediment.....	28
a) Matèria Orgànica del sediment.....	28
b) Carbó Orgànic del sediment.....	28
c) Demanda Química d'Oxigen del sediment.....	28
d) Fòsfors del sediment.....	29
CAPÍTOL III: METODOLOGIA.....	30
1.- Mostreig.....	30
2.- Indicadors microbiològics.....	31
3.- Indicadors físicoquímics.....	32
3.1.- Indicadors estètics.....	32
3.2.- Indicadors quantitatius físicoquímics de l'aigua.....	32
a) Temperatura.....	32
b) pH.....	32

c) Salinitat i conductivitat elèctrica.....	32
d) Oxigen dissolt.....	33
e) Demanda Biològica d'Oxigen.....	33
f) Demanda Química d'Oxigen.....	33
g) Grau de Biodegradabilitat (GB).....	35
h) Fòsfor Inorgànic.....	35
i) Fòsfor Total.....	35
j) Nitrats/Nitrits.....	36
k) Sòlids.....	36
3.3.- Indicadors quantitius físicoquímics del sediment.....	37
a) Matèria Orgànica del sediment.....	37
b) Carbó Orgànic del sediment.....	37
c) Demanda Química d'Oxigen del sediment.....	38
d) Fòsfors del sediment.....	38
CAPÍTOL IV: RESULTATS I DISCUSSIONS.....	39
1.- Criteris que estableix la Norma Cubana 22:1999.....	39
2.- Resultats anàlisis microbiològics.....	41
3.- Resultats anàlisis físicoquímics.....	45
3.1.- Indicadors estètics.....	45
a) Paràmetres organolèptics.....	45
b) Residus sòlids a l'aigua.....	46
c) Residus sòlids en la sorra.....	46
3.2.- Indicadors qualitius físicoquímics de l'aigua.....	49
a) Temperatura.....	49
b) pH.....	50
c) Salinitat i conductivitat elèctrica.....	51
d) Oxigen dissolt i Grau de Saturació d'oxigen.....	52
e) DBO i DQO.....	53
f) Balanç de l'oxigen i de la DBO.....	54
g) Grau de Biodegradabilitat (GB).....	55
h) Fòsfors en l'aigua.....	57
i) Nitrats + Nitrits vers l'amoni.....	59
j) Sòlids en l'aigua.....	61
3.3.- Indicadors qualitius físicoquímics del sediment.....	62
a) Matèria Orgànica del sediment.....	62
b) Carbó Orgànic del sediment.....	62
c) Demanda Química d'Oxigen del sediment.....	63
d) Fòsfors del sediment.....	64
3.4.- Conclusions dels indicadors físicoquímics.....	65
CAPÍTOL V: PLA D'ACCIÓ.....	67
CAPÍTOL VI: CONCLUSIONS.....	69
CAPÍTOL VII : REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES I RECURSOS DIGITALS.....	71
CAPÍTOL IX: ANNEXOS.....	74
Annex 1: Recopil·lació de dades.....	75
Annex 2: Legislació aplicable.....	86

Capítol I: Introducció

1.- Problemàtica:

Aquest projecte es basa en un avaluació de la qualitat ambiental d'una platja determinada de Cuba (El Judío). És una avaluació preliminar ja que és la primera vegada que es realitza un estudi de la qualitat ambiental d'aquesta platja i el que es pretén és determinar la necessitat de realitzar un seguiment més exhaustiu.

Aquesta platja està sotmesa per una forta pressió antròpica, per aquest motiu, la nostra tasca principal ha estat determinar l'estat ecològic i higieneco-sanitari, mitjançant indicadors microbiològics i físicoquímics de l'aigua, del sediment que es troba dins l'aigua i del aspecte estètic de la platja, que ens informaran de si l'aigua està contaminada.

Els resultats obtinguts podran ser comparats amb la legislació cubana existent, Norma Cubana 22:1999, per tal de determinar si aquesta és apte o no apte per a l'ús recreatiu.

2.- Objectius:

- Determinar la qualitat higiene-sanitari de la platja del Judío mitjançant indicadors microbiològics i físicoquímics.
- Enumerar les principals fonts tributaries de contaminació.
- Proposar un pla d'acció, per tal de tenir una gestió més sostenible de la zona i intentar-n'hi millorar la qualitat.

3.- Tasques realitzades:

La successió de tasques que ens varem proposar són les següent:

- Revisió bibliogràfica sobre la temàtica.
- Estudi dels possibles indicadors estètics i ambientals aplicables a la zona.
- Estudi de la zona.

- Situar els punts de mostreig i establir dates de mostreig.
- Recollida de mostres i valoració qualitativa de la zona.
- Anàlisis microbiològics i físicoquímics.
- Comparar els valors obtinguts amb els paràmetres que estableix la Norma Cubana 22:1999.
- Redactar un informe amb els resultats obtinguts.
- Elaborar una proposta de pla d'acció.

Capítol II: Revisió bibliogràfica

1.- Situació geogràfica:

1.1.- Cuba:

La República de Cuba està situat dins l'arxipèlag del mar de les Antilles. Està limitat pel nord amb els Estats Units i les Bahames; a l'oest amb Mèxic; al sud amb les illes Caiman i Jamaica; al sud-est amb Haití; i en l'occident per l'illa trobem la República Dominicana.

Cuba, amb una extensió de 110.922 km², forma el major arxipèlag de la regió del Carib, està composta per més de 1.600 illes, illots i cayos (Figura 1.1).

Es caracteritza per presentar una configuració estreta i allargada amb una gran irregularitat i diversitat de les seves costes entre les que s'hi identifiquen dos tipus fonamentals: les costes abrasives càrstiques o rocoses i les costes acumulatives.

En quan a dades demogràfiques del país, la població total és de 11.382.820 habitants (dades del 2006) amb una densitat de 103 habitants/km².



Figura 1.1 Mapa de Cuba (www.wikipedia.org/wiki/Cuba) Data de consulta: 23-3-07

Altres dades d'interès del país les podem localitzar en la taula 1.1:

Taula 1.1 Dades Pàgina Oficial de la OMS <http://www.who.int/en/> (Data de consulta: 23-3-07)

Indicadors principals de benestar	
Esperança de vida (home/dona) en anys (2005)	75 / 80
Mortalitat infantil (home/dona) per 1000 hab. (2005)	8 / 7
PIB per hab. (Intl.\$, 2004)	3,46
Analfabetisme (1995)	4,3%

1.2- Província de Matanzas

La província de Matanzas (Figura 1.2) és la segona major província del país estudiat. Es troba limitat en l'oest per La Habana i per l'est amb Villa Clara i Cienfuegos.

La població és de 600.000 habitants, i el principal indicador de benestar social, és a dir, la mortalitat infantil de la província, és la més baixa del país, essent aquesta de 5 per 1000 habitants.



Figura 1.2 Mapa de la província de Matanzas (Mapa cedit per la Universitat de Matanzas)

Es caracteritza geomorfològicament per tenir una relleu pla, amb una altura màxima de 321 metres per sobre del nivell del mar. El 60 % del territori és càrstic, això contribueix a que hi hagi grans reserves d'aigua subterrània, i és l'única població que no utilitza aigua provinent dels embassaments . En el litoral es poden diferenciar les següents morfologies com platges, manglars i zones amb penya-segats.

La capital és la ciutat de Matanzas, té una població de 144.447 habitants (2004) i es troba ubicada en la badia de Matanzas, i les seves coordenades són 23°02'53.28" N; 81°34'18.49" N per l'occident i els 23°05'46.65"N; 81°28'15.68"W per l'extrem oriental.

La badia on es localitza és de tipus obert, de 9 quilòmetres de longitud. En ella desemboquen les aigües dels rius Yumurí, San Juan y Canímar.

1.3.- Platja del Judío

La platja (Figura 1.3) que hem estudiat en qüestió, està ubicada en l'extrem oest de la badia, molt pròxima a la desembocadura del riu San Juan. Té una orientació de 343° d'azimut i la seva longitud total és de 445 metres.



Figura 1.3 Platja del Judío (Fotografia de Naturàlia)

Els seus límits no estan realment ben definits, a causa de la construcció del viaducte Matanzas-Varadero durant l'última dècada del segle passat, que va provoca una gran regressió de la platja amb forts impactes ecològics per la part sud de la badia. Per la part nord, la badia s'acaba quan aquesta topa amb un penyó rocós conegut amb el nom de *Punta Destilería*.

El Judío es pot considerar una platja exterior lineal. La granulometria de la sorra es manifesta de forma similar al llarg de tota la platja, i a la zona submergida podem trobar una granulometria més fina. Aquesta distribució és conseqüència de l'existència de processos extremadament dinàmics que reben constantment el perfil de la platja.

2.- Fonts contaminants:

2.1.- Província de Matanzas:

Segons els últims informes de l'any 2006, hi ha 97 fonts contaminants que provoquen efectes negatius al medi, es basen en residus de tipus líquid, i els seus tres orígens principals són els següents:

- a) Domèstica
- b) Industrial
- c) Sector agrícola

Un factor molt important és que la província no disposa de xarxa de clavegueram en la seva majoria, per tant, les vivendes funcionen amb fossa sèptica. En molts casos, aquestes fosses no es troben ben impermeabilitzades, i això pot provocar la infiltració d'aigües residuals cap a les aigües subterrànies, donant lloc a una possible contaminació del freàtic.

En quan a les tres principals fonts industrials contaminants són les següents:

- *Central azucarera* de Jesús Rabí (Figura 2.1), que causa contaminació per la destil·lació de l'alcohol.
- Empresa Cítrica, que actualment han realitzat pràctiques de producció neta, incloent un nou sistema de tractament basat en una llacuna amb quatre airejadors, per tal de disminuir la carga contaminant de les aigües abocades.
- El sector porcí, que abunda molt en la zona, i disposen de sedimentadors.

Figura 2.1 Imatge de l'entrada de l'empresa d'elaboració de sucres i derivats, que és la principal font contaminant de la província
(Fotografia: Naturàlia)



2.2.- Badia de Matanzas:

A la badia, hi localitzem diferents tipus d'indústries (Figura 2.2.1):

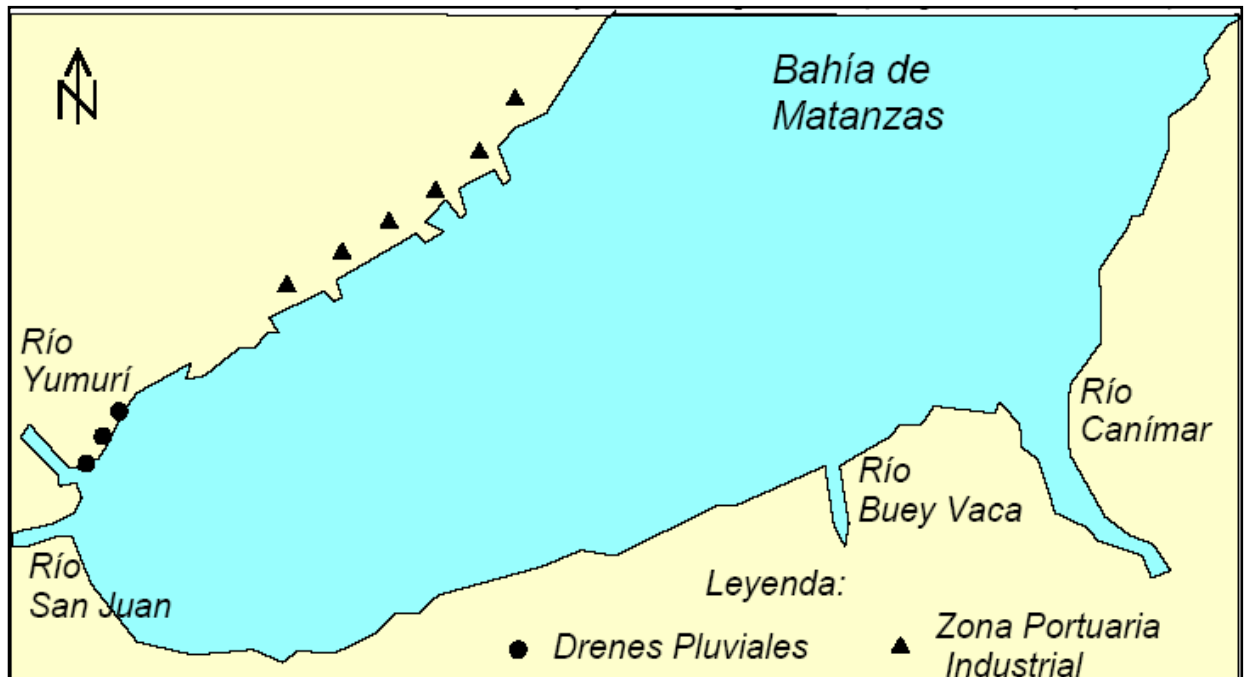


Figura 2.2.1 Mapa de la badia de Matanzas, amb les fonts de contaminació principals
(Mapa cedit per l' Instituto de Oceanografia de la Havana)

Les indústries principal que trobem a la badia, col·locades respectivament de la part inferior a la part superior són:

- Fàbrica de fil
- Fàbrica de fertilitzants: (Figura 2.2.2) Els seus residus podrien causar una alteració la presència de nutrients en les aigües, si no reben el tractament adequat.

Figura 2.2.2
Imatge de la fàbrica
de fertilitzants, Matanzas.
(Fotografia: Naturàlia)



- Planta elèctrica: (Figura 2.2.3) Aquesta incorpora agents contaminants a l'aigua, però provoca contaminació tèrmica alliberant l'aigua al medi a una temperatura superior a la que es troba aquesta en condicions naturals. Això no provoca tanta problemàtica com en els altres casos, però pot alterar la concentració d'oxigen d'aquesta, produint efectes negatius per als organismes.



Figura 2.2.3 Imatge de la termoelectrica José Martín, Matanzas
(Fotografia: Naturàlia)

- Cuireteria: (Figura 2.2.4) El contaminant més agressiu que aquests alliberen és el crom hexavalent i matèria orgànica. Actualment, han incorporat nova tecnologia que consisteix una recirculació, per tal d'esgotar fins al màxim possible el crom hexavalent, millorant així l'eficiència de la indústria i reduint la contaminació per part d'aquest element. Malgrat tot, la matèria orgànica continua essent un problema i segueix essent abocada al medi sense previ tractament.



Figura 2.2.4
Residus alliberats al medi.
(Fotografia: Naturàlia)

- Planta de material de construcció
- Planta d'elaboració de gas liquat

A més d'aquestes indústries, la contaminació produïda per la població, arriba fàcilment als sistemes aquàtics. En la il·lustració anterior (Figura 2.2.1) també apareixen indicats els punts on hi ha els drenatges fluvials (Figura 2.2.5 i Figura 2.2.6) que transporten les aigües recollides pels carrers, que també són grans fons de contaminació, ja que, arrossequen residus i contenen restes provinents de les fosses sèptiques que no tenen un correcte estat.



Figura 2.2.5 Imatge d'uns drenatges fluvials de la ciutat de Matanzas, que aboquen directament al mar (Fotografia: Naturàlia)



Figura 2.2.6 Imatge d'uns drenatges fluvials de la ciutat de Matanzas, que aboquen directament al mar (Fotografia: Naturàlia)

2.3.- Platja del Judío

Durant els anys noranta, la platja del Judío va ser víctima de dos fenòmens de gran magnitud, que li van provocar greus conseqüències.

Un d'ells es basa en la construcció del viaducte Matanzas-Varadero, les conseqüències d'aquesta gran obra d'enginyeria varen ser:

- Increment de l'erosió de la platja.
- Disminució de l'amplada de la zona de sorra.
- Pèrdua de qualitat estètica.
- Incrementen els processos d'inundació, ja que s'han situat construccions, que han provocat que hi hagi menys capacitat d'evacuació de l'aigua.
- La morfologia de la platja del Tennis, una platja adjacent a la platja del Judío, ha variat a causa d'aquest viaducte, aconseguint actualment una entrada molt més reduïda que ha provocat una disminució de la seva capacitat d'autodepuració.

I l'altre fenomen que va afectar a la platja, va ser un abocament incontrolat de petroli de 524 tones, a causa de la col·lisió entre 2 vaixells transportadors de petroli cru per motius meteorològics. Les mesures correctores que van adoptar van ser les següents:

- a) Col·locació de barreres flotants, per evitar que arribes el cru a la platja.
- b) Bioremediació a partir de la introducció d'una bactèria degradadora de petroli.
- c) Introducció de 5.000 m³ de sorra a la platja.

Es creu que el problema de l'abocament actualment esta controlat, tot i que, en el nostre estudi hem volgut investigar si encara es troba restes d'hidrocarbur a la platja.

Cal dir també, que la badia de Matanzas forma part del corredor de petroli entre Veneçuela i Estats Units, i aquest podria ser un altre motiu de la presència d'hidrocarbur.

Pel que fa a la vegetació, l'autòctona estava constituïda per un pinar però aquesta ha estat completament devastada i substituïda per cocoters (*Cocus nucifera*) (Figura 2.3.1), Bonitos de platja (*Ipomoea pes-caprae*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), algunes *causarinas* i gespa (Figura 2.3.2).



Figura 2.3.1 Cocoters de la platja del Judío de Matanzas.
(Fotografia: Naturalia)



Figura 2.3.2 Gespa natural de la platja del Judío de Matanzas (Cuba)
(Fotografies: Naturàlia)

3.- Indicadors

3.1.- Indicadors microbiològics

3.1.1.- Característiques dels indicadors microbiològics:

Els microorganismes indicadors reuneixen les següents característiques:

- a) Són fàcils d'aïllar i cultivar en el laboratori.
- b) Són relativament innocus per a l'home i animals.
- c) La seva concentració és proporcional a la quantitat de microorganismes patògens presents en l'aigua.
- d) No es reproduïxen en el medi aquàtic i tenen un temps de supervivència, igual o superior al dels patògens.
- e) Tenen una resistència als tractaments de desinfecció semblants a la dels patògens.

3.1.2.- Tipus d'indicadors

Els indicadors microbiològics¹ que nosaltres hem estudiat són els coliformes totals, els coliformes fecals i els enterococs fecals.

Els coliformes són bacils gramnegatius, no esporulats, oxidasa negatius, anaeròbis facultatius, capaços de créixer en presència de sals biliars, i capaços de fermentar la lactosa amb producció amb gas i acidesa en 48 hores a una temperatura de 36-37 °C ($\pm 0,5$). El grup de coliformes està format pels gèneres *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter* i *Edwardsiella*. Tots els coliformes poden existir com a sapròfits independents o com a microorganismes intestinals a excepció d'*Escherichia* que només té origen intestinal. Els coliformes (o coliformes totals) indiquen contaminació de l'aigua però no l'origen d'aquesta. Dels gèneres esmentats anteriorment, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, algunes soques de *Citrobacter freundii* i *Enterobacter cloacae* tenen la capacitat de fermentar lactosa, no només a les temperatures abans indicades, sinó també a 44,5° C. Aquests coliformes es coneixen com a coliformes fecals (CF) (Figura 3.1.1) o coliformes

¹ MADIGAN, MT; MARTINKI JM; PARKER J. (2003). *Brock biología de los microorganismo*. Madrid: Pearsn Education. ISBN: 0-13-049147-0

termotolerants i indiquen contaminació fecal de les aigües. Tot i així, es poden trobar algunes excepcions, algunes soques de *E. coli* no poden créixer a 44,5 °C.

Els enterococs fecals (EF) (Figura 3.1.2) (*Enterococcus faecalis*, i d'altres *Streptococcus* sp. inclosos tots ells en els grups D i Q de Lancefield) es troben normalment a l'intestí dels mamífers i serveixen com a indicadors complementaris de la contaminació fecal. Cal tenir en compte que alguns enterococs que es troben en les aigües poden ser originaris d'altres hàbitats diferents a l'intestí.

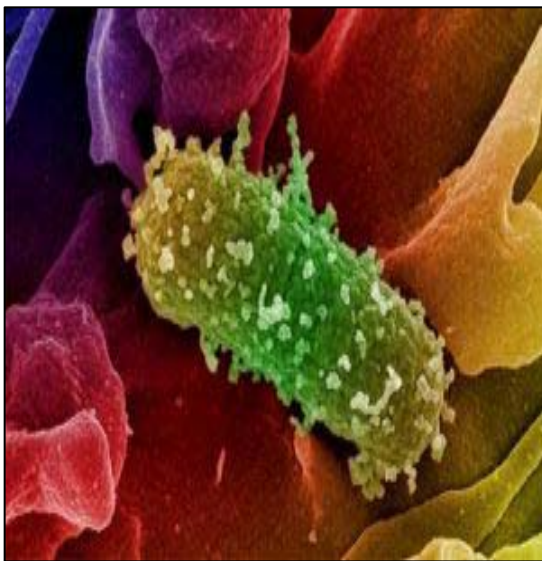


Figura 3.1.1 Coliformes fecals

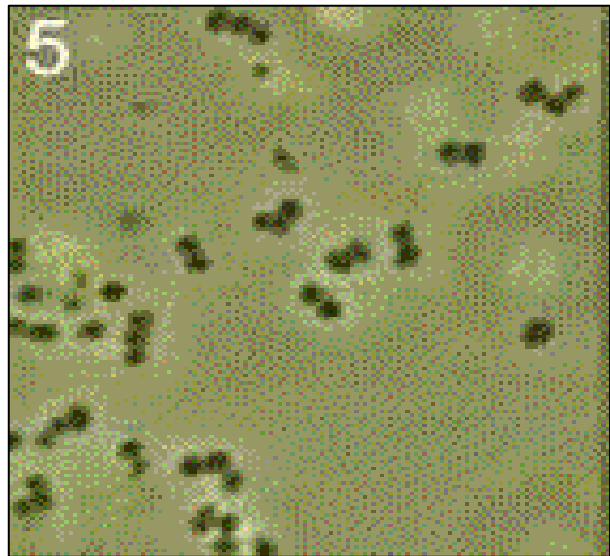


Figura 3.1.2 Enterococs fecals

(Imatges extretes de documentació vinculada amb la Universidad de Matanzas, Camilo de Cienfuegos UMCC)

3.2.- Indicadors físicoquímics

3.2.1.- Característiques físiques i químiques de l'aigua:

Els indicadors físicoquímics² estudiats per l'aigua són els següents:

a) Transparència o terbolesa, color, sabor i olor

Aquests paràmetres ens indiquen la presència de partícules sòlides, matèria orgànica o microorganismes. També anomenats organolèptics.

² APHA, AWWA, WPCF, (1979). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*. Washington: Ed. American Public Health Association, Ed. 17, 1.5-3.12.

b) Temperatura

La temperatura és la propietat que ens defineix el grau tèrmic que posseeix un cos o una substància. Exerceix efecte sobre altres paràmetres com solubilitat de gasos i sals, conductivitat, pH, etc. Aquest paràmetre mesurarà la possible contaminació tèrmica originada per instal·lacions industrials, està relacionada amb la quantitat d'oxigen dissolt o amb l'alteració per l'activitat biològica.

c) pH

És un número que ens indica la concentració d'hidrogenions (H_3O^+) de una dissolució. En un pH donat, per exemple, 7, la concentració d'ions H_3O^+ serà de 10 elevat a - el nombre de pH, per exemple, en aquest cas: 10^{-7} . Si el pH és 7 la dissolució és neutra (igual nombre d'ions H_3O^+ que d'ions OH^-). Si el pH és major que 7 la dissolució és bàsica o alcalina; i si el pH és menor que 7 la dissolució és àcida.

d) Salinitat i conductivitat elèctrica

Aquesta propietat depèn de la concentració de substàncies químiques carregades elèctricament que hi hagi a l'aigua, per tant, indirectament ens indica el contingut de sals dissoltes presents en l'aigua.

En aigües amb un alt valor de conductivitat elèctrica tindrà un alt contingut de sòlids dissolts i viceversa.

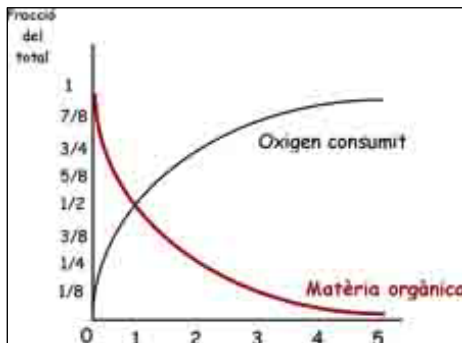
e) Oxigen dissolt

L'oxigen és un gas que es troba en la naturalesa en estat lliure i també es pot trobar combinat i es mesura en mgO_2/l o ppm (parts per milió).

Depèn de la temperatura: a major temperatura menys oxigen es dissol. Per altra part si l'aigua està contaminada té molts microorganismes i matèria orgànica i la gran activitat respiratòria disminueix l'oxigen dissolt. Un nivell alt d'OD indica que l'aigua és de bona qualitat.

f) Demanda Biològica d'Oxigen:

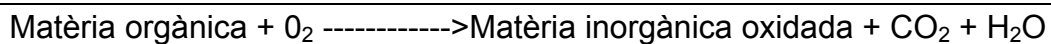
La DBO és l'oxigen que els microorganismes necessiten per a oxidar la matèria orgànica que es consumeix en un determinat volum d'aigua en un



termini fixat de temps (5 dies), ja que aquest procés és lent. Existeixen diferents formes de determinar aquest paràmetre, sent la més freqüent la referida al període d'incubació de cinc dies i a una temperatura estàndard (20 ° C) i en condicions d'obscuritat (Figura 3.2.1).

Figura 3.2.1 Degradació biològica de la matèria orgànica en un medi aerobi (gràfica adquirida de <http://es.geocities.com/cienciestera/>) Data de consulta (20-5-07)

Ens indica la matèria orgànica present a l'aigua, ja que quant més hi ha, més actius estaran els bacteris aerobis, i més oxigen es consumirà. Per tant, si la DBO és alta, indica contaminació i mala qualitat d'aquesta aigua i a l'inrevés. Es calcula restant de l'oxigen inicialment dissolt, de l'obtingut després de la incubació.

g) Demanda Química d'Oxigen

La DQO és un paràmetre que mesura la quantitat de matèria orgànica susceptible de ser oxidada per mitjans químics que hi ha en una mostra líquida. S'utilitza per a mesurar el grau de contaminació i s'expressa en mg d'O₂/ litre.

És un mètode aplicable en aigües continentals (rius, llacs, aqüífers, aigua marina, etc.) i en general per a qualsevol aigua que pugui contenir una quantitat apreciable de matèria orgànica. En el nostre cas, hem usat la tècnica del permanganat potàssic a causa de la baixa quantitat de matèria orgànica que ha de tenir l'aigua marina. Cal tenir en compte, que pot haver interferències causades per substàncies inorgàniques susceptibles de ser oxidades com sulfurs, sulfits, iodurs, etc.

h) Fòsfors

Es troba en les aigües residuals de dues formes, una com en forma de fosfats i l'altra com a fòsfor formant part de compostos orgànics. Pot presentar-se en forma soluble o com a constituent de partícules de residus.

Les fonts que aporten fòsfor a les aigües residuals són varies:

- Aigües provinents de les plantes de potabilització.
- Detergents
- Fertilitzants
- Altres

i) Nitrats/Nitrits:

Els nitrats són l'espècie derivada del nitrogen més important. Suposa una font de nutrients important per a certs organismes autòtrofs. Si tenim una alta concentració de nitrats, es pot donar lloc a una situació d'eutrofització, provocant un augment de la població d'aquests organismes autòtrofs que competiran per l'oxigen amb altres organismes aeròbics de major grandaria. La concentració de nitrats, igual que la de nitrits està relacionada amb la posterior aparició d'algues i pot originar per a ús de consum malalties com metahemoglobinèmia.

És bàsicament originada per compostos químics utilitzats com a fertilitzants en l'agricultura. Són una font important de contaminació difusa.

j) Sòlids

Podem distingir diferents tipus de sòlids, els sòlids sedimentables i els sòlids volàtils (on s'inclouen els sòlids en suspensió i els sòlids dissolts en l'aigua).

Aquests sòlids, poden fer suposar la presència de cossos o substàncies estranyes que acostumen a ser no recomanables i augmenten la terbolesa de l'aigua, fent disminuir també la qualitat d'aquesta.

Els sòlids sedimentables tenen major densitat que l'aigua i es troben dispersos en ella a causa de forces d'arrossegament e o terboleses. Quan aquestes forces o velocitats deixen d'actuar, l'aigua aconsegueix un estat de repòs, provocant així la seva precipitació. Solen ser eliminats fàcilment mitjançant mètodes de filtració o sedimentadors.

Els sòlids en suspensió, es mantenen a l'aigua, gràcies a la seva naturalesa col·loïdal que ve donada per les petites carregues elèctriques que aquestes partícules posseeixen i que els hi fa tenir una certa afinitat per les molècules d'aigua. Aquest tipus de sòlids són difícils d'eliminar i és necessària l'addició d'agents coagulants i floculants a l'aigua, que modifiquen la càrrega elèctrica d'aquestes partícules aconseguint així, que s'agrupin en flocs de major grandària per tal de poder-los separar mitjançant tècniques de filtració.

Els sòlids dissolts en aigua estan relacionats amb el grau de mineralització, ja que són ions de sals minerals que l'aigua ha aconseguit dissoldre. Estan lligats amb la conductivitat de l'aigua, fent que un augment dels ions provoqui un augment de la capacitat conductiva.

3.2.2.- Característiques físiques i químiques del sediment:

Els indicadors físicoquímics³ pel sediment estudiats són els següents:

a) Matèria orgànica en sediment

La matèria orgànica són els compostos que contenen carboni. És un dels contaminants més importants en els ecosistemes aquàtics, perquè el vessament d'aquesta a l'aigua produeix un increment de l'activitat bacteriana que consumeix l'oxigen de l'aigua i té com a resultat que els animals que hi viuen, morin d'asfíxia.

b) Carbó orgànic en sediment

És el contingut total de compostos orgànics, i s'obté mesurant el CO₂ produït per la mostra en un forn a alta temperatura.

c) Demanda Química en Oxigen en sediment

Citat anteriorment. És un indicador del consum d'oxidant químic. El valor obtingut ha de ser semblant al valor de DBO en sediment, malgrat tot, per manca de recursos, no hem pogut obtenir aquest valor.

³ APHA, AWWA, WPCF, (1979). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*. Washington: Ed. American Public Health Association, Ed. 17, 1.5-3.12.

d) Fòsfor en sediment

El fòsfor l'element limitant en la producció del matèria orgànica.

Aquest fòsfor inicialment es troba en la columna d'aigua i a través del carbonatat s'immobilitza en el sediment.

Capítol III: Metodologia

1.- Mostreig

La metodologia aplicada en el nostre mostreig i l'extracció de punts de monitoratge es va realitzar tenint en compte la bibliografia "Standard methods for the examination of Water and Wastewater"⁴.

Es van realitzar un total de 5 mostrejos, durant d'interval de temps des del 26 de febrer al 26 de març del 2007. Prenent les mostres d'aigua i sediment en els dos punts de mostreig georeferenciats (Figura 1.1).

Les coordenades exactes dels dos punts són les següents:

Punt 1: 23° 0234 N; 081° 343 W

Punt 2: 23° 0224 N; 081° 341 W

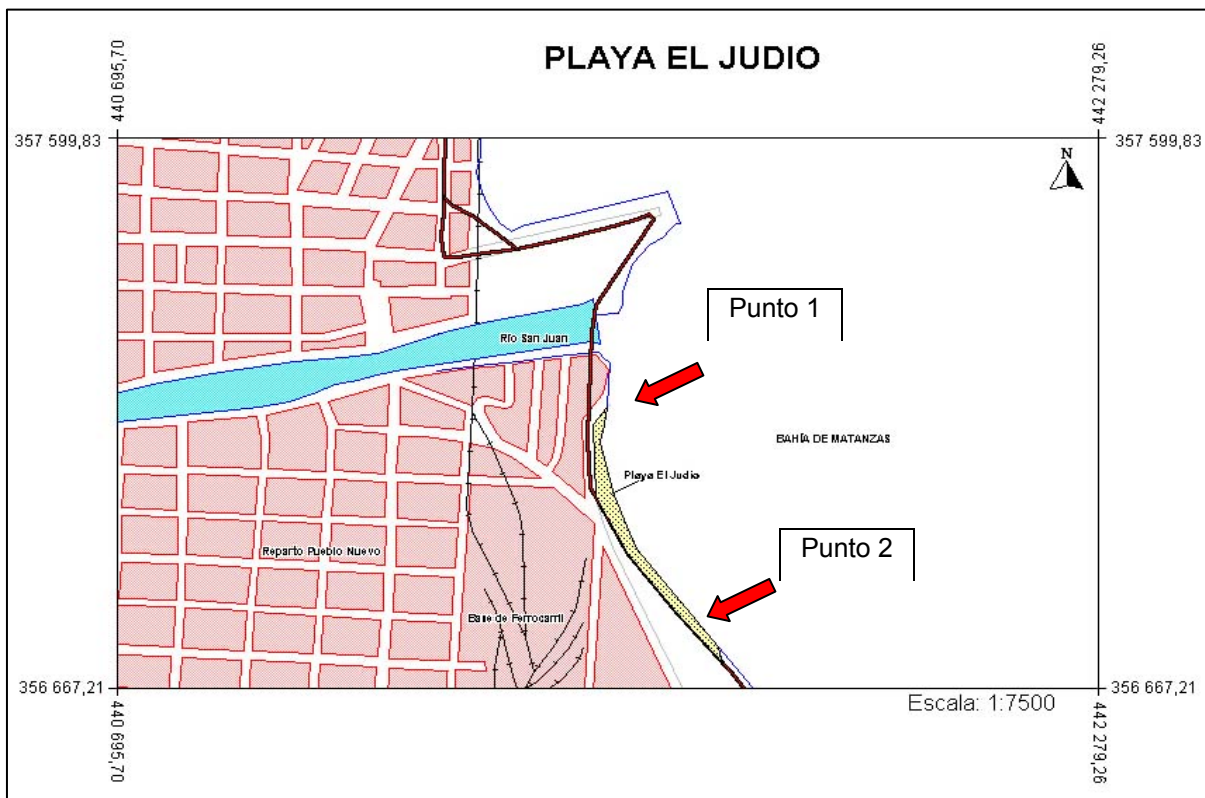


Figura 1.1 Mapa de la platja de Judío amb els punts de mostreig (mapa cedit per la UMCC)

⁴ APHA, AWWA, WPCF, (1979). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*. Washington: Ed. American Public Health Association, Ed. 17, 1.5-3.12.

La realització del mostreig es va dur a terme de la següent forma:

- a) Les mostres es van prendre de forma manual, donada la escassa profunditat de la zona estudiada a 1 metre i recollida a 30 centímetres de la zona d'interfase aire - aigua.
- b) A les mostres de sediment es van emmagatzemar mitjançant un recipient de plàstic, prèviament esterilitzat.
- c) Les mostres de quitrà es recolliren al llarg de tota la platja.

2.- Indicadors microbiològics

Per la determinació quantitativa de coliforms totals (CT), coliforms fecals (CF) i enterococs (E). Es va realitzar mitjançant el procés de tubs múltiples de fermentació utilitzant 5 tubs segons la Norma Cubana 93/01/128. 1988 ⁵ i “Standard methods for the examination of Water and Wastewater”.⁶

El mètode es basa en el enriquiment de les mostres d'aigua amb brou lactosat essent aquest el preliminar, i una posterior verificació amb brou brillant amb bilis per a coliformes totals (incubats entre 35 i 37 °C durant 24 a 48 hores) i amb brou EC per a coliformes fecals (incubats a $44,5 \pm 0,2$ °C durant 24 hores).

Per l'anàlisi preliminar d'enterococs fecals es va realitzar mitjançant el brou azida dextrosa (incubats entre 35 i 37°C durant 48 hores) i amb la posterior prova confirmativa amb el caldo EVA (incubats a 37°C durant 48 hores).

⁵ NC 93-01-128 : 1988. Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales. Sistema de Normas de Protección del Medio Ambiente. Comité Estatal de Normalización (NC). 1 Edición.⁵

⁶ APHA, AWWA, WPCF, (1979). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*. Washington: Ed. American Public Health Association, Ed. 17, 1.5-3.12.

3.- Indicadors físicoquímics

Informació basada en “Standard methods for the examination of Water and Wastewater” ⁷ .

3.1.- Indicadors Estètics

Els següents indicadors es van analitzar de forma qualitativa amb mitjans sensitius, amb excepció dels agregat de quitrà. Els indicadors estudiats en aquests apartat són:

- Paràmetres organolèptics
- Residus sòlids a l'aigua
- Residus sòlids en la sorra

3.2.- Indicadors quantitius físicoquímics de l'aigua:

a) Temperatura

Per a determinar la temperatura es va utilitzar el conductímetre digital marca WTW, model Cond 197i, de fabricació Alemanya.

b) pH

Es va determinar mitjançant el mètode de Potenciometria Directa amb pH-metre digital, marca HACH, model sension1 de fabricació Nord-americana amb elèctrode de vidre combinat.

c) Salinitat i conductivitat elèctrica

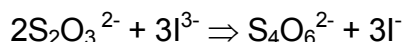
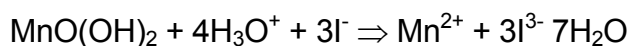
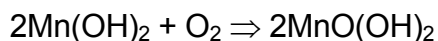
Les determinacions es varen realitzar utilitzant dos mètodes:

- a. Conductimetria Directa con un conductímetre digital marca WTW, model Cond 197i, de fabricació Alemanya.
- b. Refractometria Directa con refractòmetre òptic, marca ATAGO, model S/MILL, de fabricació Japonesa.

⁷ APHA, AWWA, WPCF, (1979). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*. Washington: Ed. American Public Health Association, Ed. 17, 1.5-3.12.

d) Oxigen dissolt

Determinacions de l'oxigen dissolt (OD) per el mètode de Winkler (IOC-UNESCO, 1983). La mostra es tracta in situ per tal de fixar l'oxigen amb sal de manganès (II) i el iodur alcalí. El precipitat d'hidròxid de manganès, reacciona amb l'oxigen dissolt per tal de formar un precipitat carmelita amb la fórmula $Mn(OH)_2$. L'acidificació de la mostra amb àcid sulfúric, dóna lloc a sulfat mangànic, el qual actua com a agent oxidant, alliberant el iode del iodur de potassi. El iode alliberat és estequiomètricament equivalent a l'oxigen dissolt, el qual es valora amb una solució de tiosulfat de sodi fins que s'aconsegueixi un color pàl·lid, addicionant unes quantes gotes de midó i es continua la valoració fins que desapareix el color blau.



Aquest mètode es aplicable a qualsevol tipus d'aigües, tan per a naturals com per a contaminades.

Ens hem decidit per aquest mètode pel motiu de que estem tractant amb aigua de mar, on la concentració de clorurs acostuma a ser molt alta, i amb les altres metodologies hi ha interferència i causa molts errors. Si es vol utilitzar un altra metodologia, hi ha la possible solució d'incorporar mercuri a l'aigua que anem a analitzar, fent així que els clorurs no ens suposin cap entrebanc, però el mercuri és molt contaminant i a més se'n precisa una gran quantitat, per tant, creiem que els altres mètodes no són tan viables.

e) Demanda Biològica d'Oxigen

Es realitza mitjançant el mètode d'incubació directa a temperatura constant.

Es pren la mostra sense diluir i es determina la DBO_5^{20} valorant la dilució de l'oxigen per al mètode Winkler. S'han d'usar dos recipients, un d'ells per a la determinació d'oxigen dissolt inicial i l'altre per a incubar durant 5 dies a 20 ° C, i al final d'aquest període es determinarà l'oxigen dissolt. La mostra que hem posat a incubar no es fixa, sinó que s'introdueix en una safata que conté aigua

destil·lada fins a cobrir el recipient i es manté en obscuritat total durant aquests 5 dies.

El càlcul per aquest procediment es realitza mitjançant la següent expressió:

$$DBO_5^{20} = O_i - O_f$$

On : O_i = concentració inicial d'oxigen de la mostra.

O_f = concentració final d'oxigen de la mostra.

Quan no es disposa d'una incubadora termostatada es prendrà la temperatura de l'aigua com a mínim cinc cops al dia durant els 5 dies d'incubació, i s'obtindrà la temperatura promig dels 5 dies d'incubació. El càlcul per aquest procediment es realitza amb la següent fórmula:

$$DBO_5^{20} = \frac{O_i - O_f}{0,02 \times T + 0,6}$$

On: O_i = concentració inicial d'oxigen de la mostra.

O_f = concentració final d'oxigen de la mostra.

T = temperatura promig de la incubació.

f) Demanda Química d'Oxigen

Els mètodes més usats són: oxidació amb permanganat o dicromat. Tots dos són aplicables per a l'anàlisi de l'aigua de mar a causa de l'alta concentració d'ions clorurs. Per tal d'usar en aigua marina el mètode de permanganat, aquest cal que sofreixi una modificació basada en l'oxidació que es dur a terme en un medi alcalí. En aquestes determinacions s'oxida una part de la matèria orgànica present, la porció depèn de l'oxidant químic usat i de les condicions dels anàlisis. Aquests, no diferencien la matèria orgànica estable de la inestable.

El permanganat de potassi oxida en gran mesura les substàncies orgàniques com els carbohidrats, fenols i lleixius residuals de sulfit de cel·lulosa, i a menor mesura, productes proteics. I no oxida els detergents ni els productes residuals de la síntesi orgànica en el camp dels plàstics.

g) Grau de biodegradabilitat (GB)

El GB ens indica, la velocitat de degradació de la matèria orgànica, i es realitza mitjançant la següent operació:

$$GB = \frac{DBO_5^{20}}{DQO} \times 100$$

A partir d'aquest resultat, podrem saber el grau de complexitat de la matèria orgànica que disposem. A partir de la complexitat d'aquesta, determinarem el seu origen, ja que si la matèria és poc complexa tendeix a ser d'origen autòcton, mentre que si la matèria és més aviat complexa presenta un cert grau de refractabilitat, i significarà que el seu origen és al·lòcton.

També a partir d'aquest coeficient, es pot arribar a determinar el grau d'autodepuració del cos d'aigua estudiat, tenint en compte que si la matèria és d'origen autòcton tendeix a ser més fàcilment autodepurable que si és d'origen al·lòcton.

h) Fòsfor Inorgànic

El procediment analític més utilitzat per a quantificar el fòsfor inorgànic en aigua marina, és el de Murphy y Riley (1962), on el fosfat present en l'aigua reacciona amb el molibdat d'amoni, per tal de formar un complex àcid heteropolar. Aquest àcid es redueix a causa de l'àcid ascòrbic, donant lloc a un complex amb coloració blavosa, que li permet ser quantificat mitjançant la metodologia de l'espectrofotòmetre.

La lectura final es va realitzar a 882 nm amb un espectrofotòmetre de la marca CECIL, model CE 1021 de fabricació anglesa. No existeix mitjans de preservació específica, per aquest motiu es recomana realitzar l'anàlisi el més abans possible. El mètode no presenta desviacions amb la salinitat.

i) Fòsfor total

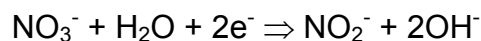
Els compostos de fòsfor presents en l'aigua de mar són oxidats pel peroxodisulfat de potassi i determinant el producte de la reacció amb el fòsfor inorgànic, els ions clor presents en l'aigua alliberen clor que es retingut per la mostra. Aquests es determina amb la mateixa lectura que el fòsfor inorgànic. La

modificació del procediment de l'oxidació consisteix en realitzar la reacció en presència de peroxodisulfat al 1 %.

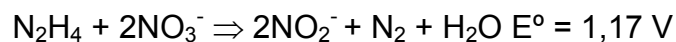
La lectura final també es va realitzar a 882 nm amb un espectrofotòmetre de la marca CECIL, model CE 1021 de fabricació Anglesa.

j) Nitrats/Nitrits

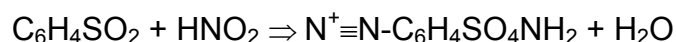
Es proposa l'ús d'una de les modificacions del mètode clàssic de columnes de cadmi, per tal de quantificar nitrats en aigua marina. Els nitrats són reduïts a nitrits mitjançant el sulfat d'hidracina en un medi alcalí amb presència de traces de coure com catalitzador de la reducció, amb un potencial normal de reducció de 0,01 V. La reacció que té lloc és la següent:



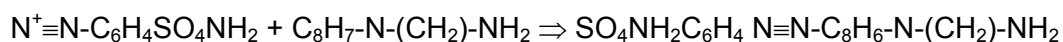
I la reacció general del procediment és la següent:



El nitrit format reacciona amb l'àcid sulfanílic i forma una sal de diazoni.



Per últim, la sal de diazoni reacciona amb la α -naftil etilendiamina i forma un azocompost de color rosat que li permet ser determinat per un mètode espectrofotomètric.



La lectura final, es va realitzar a 545 nm amb un espectrofotòmetre de la marca CECIL, model CE 1021 de fabricació Anglesa.

k) Sòlids

La metodologia utilitzada es basa en incloure un volum determinat d'aigua dins d'uns recipients de porcellana, prèviament pesats, al bany maria (Figura 3.2.1) fins aconseguir que l'aigua s'evapori i ens resti el sediment al fons. El pes d'aquest sediment serà la quantitat de sòlids totals de l'aigua. Tot seguit, s'introdueix el residu dins un forn durant 2 hores, i es torna a pesar. El resultat obtingut serà el valor dels sòlids fixos de l'aigua no volàtils.

$$\boxed{\text{Sòlids Totals} = \text{Sòlids volàtils} + \text{Sòlids Fixes}}$$

$$\text{Sòlids Volàtils} = \text{Sòlids en suspensió} + \text{Sòlids en dissolució}$$

Si realitzem l'anterior operació, podem obtenir el valor de sòlids volàtils de l'aigua, un lleugera aproximació del valor dels sòlids en suspensió, ja que no disposem dels recursos necessaris per tal d'obtenir aquest paràmetre directament.



Figura 3.2.1
Ebullidors que
utilitzavem per a
evaporar l'aigua dels
recipients de porcellana
(Fotografia: Naturalia)

3.3.- Indicadors quantitativs físicoquímics del sediment:

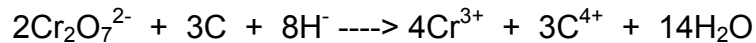
a) Matèria Orgànica en Sediment

La matèria orgànica total sedimentada està constituïda per compostos orgànics i algunes formes elementals del carboni. Es realitza a partir de la incineració del sediment en un forn a 550 ° C, durant 2 hores, calculant després el percentatge de pèrdua de pes de la mostra, que serà equivalent a la matèria orgànica.

b) Carbó Orgànic en Sediment

El mètode és el modificat de Walkley i Black (1934). És el contingut total de compostos orgànics, i s'obté mesurant el CO₂ produït per la mostra en un forn a alta temperatura. Exclou les formes elementals del carbó com el grafit i el carbó vegetal, i permet diferenciar la matèria orgànica dels sediments d'altres substàncies estranyes. Les proteïnes i altres no són oxidats tampoc.

L'oxidació del carbó per l'àcid cròmic es representa de la següent manera:



I l'àcid cròmic sense reaccionar es valora amb sulfat ferros amònic. Tot seguit, s'aplica la següent relació:

$$CO_{\%} = \frac{0,7902}{g} \times \left(1 - \frac{T}{S}\right)$$

c) DQO en sediment

S'utilitza la mateixa metodologia que en l'anàlisi de la DQO en l'aigua.

d) Fòsfors en sediment

Es basa en un mètode proposat per la FAO (1975) que consisteix en digesta la mostra en una barreja oxidant formada pels àcids sulfúrics, nítrics i perclòrics enlloc d'afegir els reactius per separat com planteja el mètode original.

El material orgànic de la mostra es transforma en diòxid de carboni i aigua, per mitjà d'una hidròlisis àcida oxidativa a altes temperatures. La resta d'elements, com és el cas del fòsfor i metalls són alliberats de la fracció orgànica i es dissolen en el medi. Per últim, per un volum de mostra digerida i filtrada o sedimentada, s'addiciona àcid ascòrbic i reactiu molibdat d'amoni. Mesurant la intensitat de la coloració del complex *azul de molibdeno* en un espectrofotòmetre a 882 nm. Es pot analitzar mostres en un rang de concentracions de 20 a 1500 µg/g.

Capítol IV : Resultats i discussió:

1.- Criteris que estableix la Norma Cubana 22:1999

Per a valorar si les aigües estudiades compleixen la normativa, cal comparar-les amb els requisits establerts en la Norma Cubana 22:1999⁸ (inclosa en els annexos). L'objectiu de la qual, és establir els requisits higiènics i sanitaris de les zones de bany de les costes i masses d'aigua interiors, amb la finalitat de crear un major control sanitari de les mateixes. Aquesta cal que sigui aplicada en els sistemes aquàtics ja existents, però també en la projecció i l'explotació de noves zones creades.

Dins del article 7 d'aquesta ens defineix els requisits necessaris que ha de presentar l'aigua en quan a la seva qualitat sanitària en aquestes zones de bany. Els punts més destacables són els següents:

- Les aigües no presentaran olors ni colors desagradables, únicament es permetran aquells produïts per condicions naturals.
- Les aigües no presentaran cap coloració, excepció de les causades per les seves característiques naturals.
- El contingut de sòlids de tipus orgànic no podrà produir deposicions, terbolesa, ni ocasionar consum d'oxigen. La concentració d'oxigen dissolt no podrà superar el 2 mg/L.
- No es permet la presència de sòlids flotants.
- Cal que la concentració de grasses i olis no sigui superior a 0,5 mg/L, i que no formi una pel·lícula visible en la superfície del cos d'aigua, ni formi dipòsits oliosos.
- Els nutrients nitrogen i fòsfor cal que es trobin en una proporció que no ocasioni eutrofització de les masses d'aigua.
- El pH es mantindrà en un interval de 6,1 a 8,9.
- La salinitat de les aigües de mar no serà superior a 36 per mil.

⁸ NC 22: 1999. Lugares de Baño en Costas y en Masas de Aguas Interiores. Requisitos Higiénicos Sanitarios. Oficina Nacional de Normalización (NC). 1 Edición.

- La concentració de saturació de l'oxigen dissolt es mantindrà amb un valor mínim del 70 %.
- La demanda biològica d'oxigen no serà mai superior a 3 mg/L.
- No es permeten la presència de substàncies tòxiques o irritants, el contacte amb les quals pugui produir reaccions adverses en la salut humana.
- No es permet la presència de plaguicides.
- En quan als indicadors de qualitat bacteriològica, els límits establerts són (Taula 1.1):

Taula 1.1 Nivells microbiològics permisos (NMP/100 ml)

Tipus de	Coliforms Totals	Coliforms fecals	Enterococs
Amb contacte directe	1000	200	100
Amb contacte Indirecte	5000	1000	-

En el nostre cas, com que la massa d'aigua analitzada és una platja, hem determinat que els límits que ens regulen l'ús de la nostra zona són els aplicats amb contacte directe.

Tot seguit, un cop present els criteris que la norma estableix, hem fet l'anàlisi dels resultats obtinguts dels indicadors microbiològics i físicoquímics.

2.- Resultats anàlisis microbiològics:

Els resultats microbiològics obtinguts són els que s'especifiquen en les següents taules i gràfics, i els hem comparat amb la Norma Cubana 22:1999 (NC) (valors en Taula 2.4).

Taula 2.1 Valors de coliforms totals

Coliforms Totals (CT) NMP/100ml		
Dates	Punt 1	Punt 2
26-02-07	79	34
05-03-07	≥2400	≥2400
12-03-07	≥2400	≥2400
19-03-07	≥2400	1700
26-03-07	≥2400	≥2400

Taula 2.2 Valors de coliforms fecals

Coliforms Fecals (CF) NMP/100ml		
Dates	Punt 1	Punt 2
26-02-07	79	7
05-03-07	1800	1600
12-03-07	≥2400	≥2400
19-03-07	1700	1100
26-03-07	1800	≥2400

Taula 2.4 Valors de NC 22:1999

Límits NMP/100ml	
CT	1000
CF	200
Enterococs	100

Taula 2.3 Valors d'enterococs

Enterococs NMP/100ml		
Dates	Punt 1	Punt 2
26-02-07	9	7
05-03-07	110	110
12-03-07	540	350
19-03-07	540	240
26-03-07	350	350

Com es pot observar en tots els anàlisis realitzats per coliformes, els valors obtinguts mostren una elevada abundància d'aquests indicadors, que supera els límits permesos definits per les taules de NMP.

Hi ha valors que depenen de l'escala del gràfic, el motiu del qual és perquè amb el mètode del NMP per a 5 rèpliques és impossible determinar amb exactitud el valor real de l'indicador quan es dona creixement en els 5 tubs (major o igual a 2400).

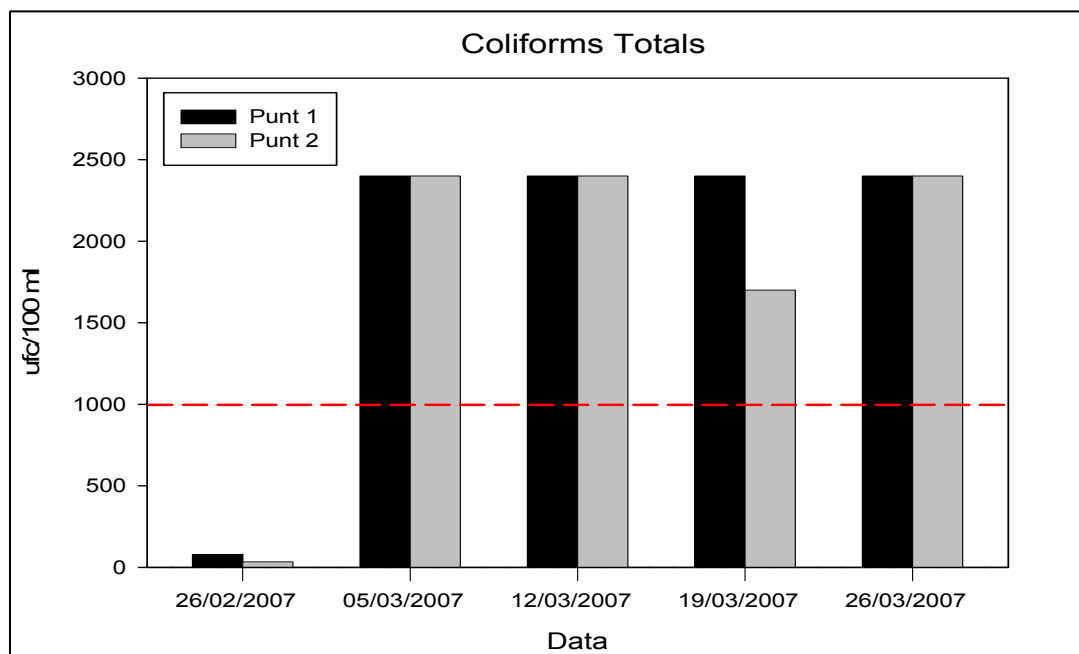


Figura 2.1: Concentració de coliformes totals en els dos punts de mostratge en les diferents dates de l'estudi. Aquests són els valors de NMP s'han obtingut després de la lectura dels resultats de l'anàlisi de tubs múltiples. A partir de les corresponents taules estadístiques, NC 93-01-128 (Annex C) La línia vermella indica el límit de coliformes totals per la NC 22:1999 (Realització: Naturàlia).

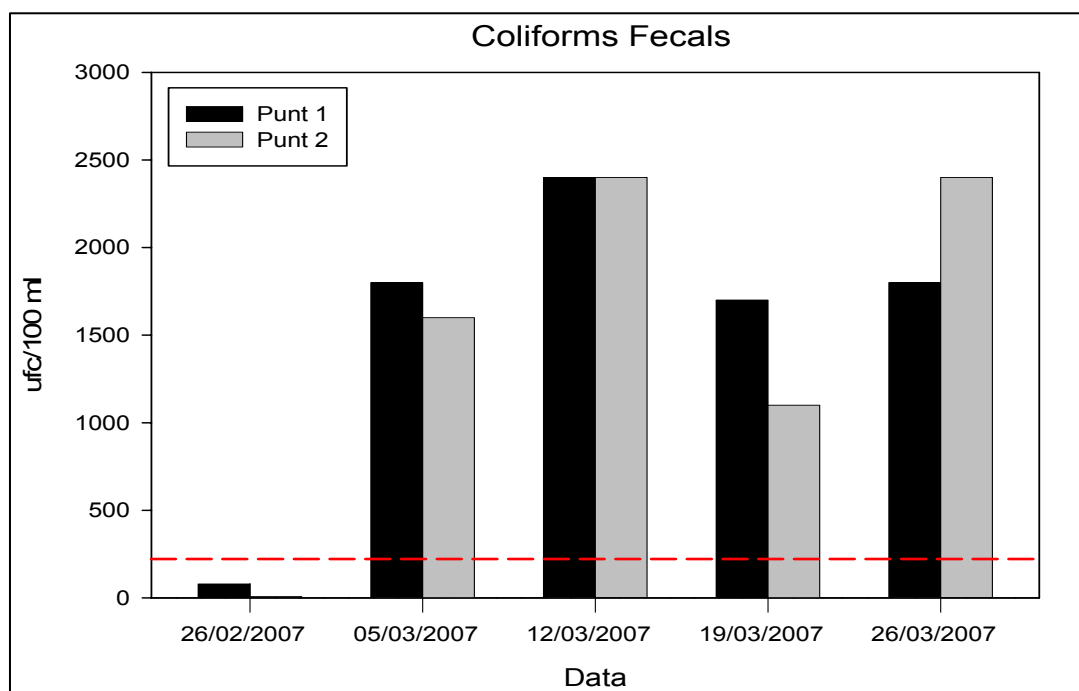


Figura 2.2: Concentració de coliformes fecals en els dos punts de mostratge en les diferents dates de l'estudi. Aquests són els valors de NMP s'han obtingut després de la lectura dels resultats de l'anàlisi de tubs múltiples. A partir de les corresponents taules estadístiques, NC 93-01-128 (Annex C) La línia vermella indica el límit de coliformes fecals per la NC 22:1999 (Realització: Naturàlia).

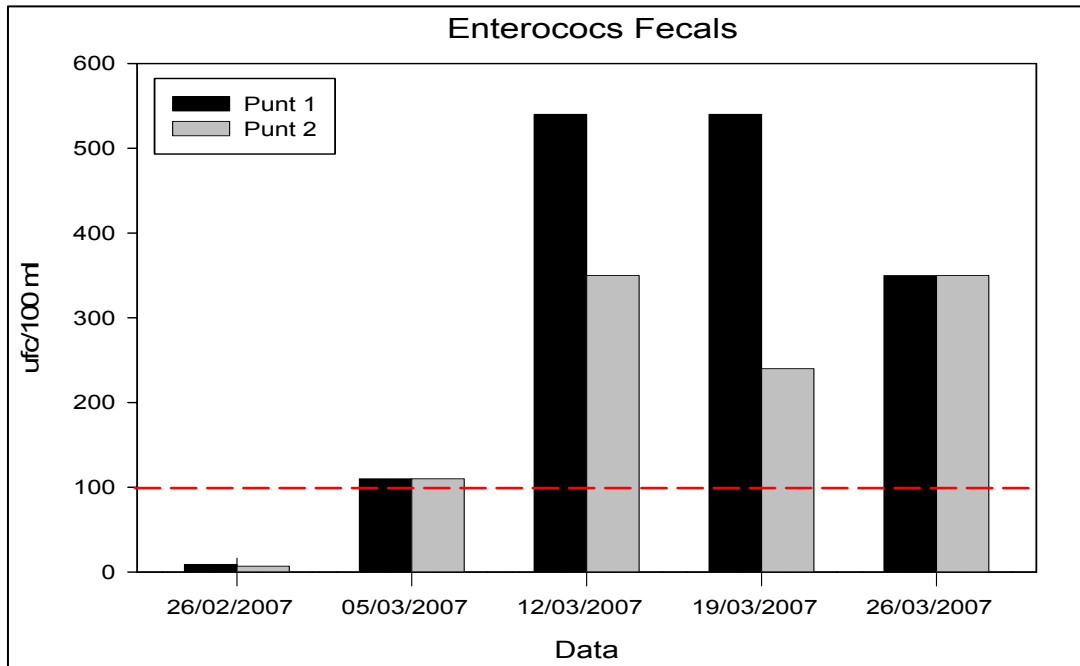


Figura 2.3: Concentració d'enterococs fecals en els dos punts de mostratge en les diferents dates de l'estudi. Aquests són els valors de NMP s'han obtingut després de la lectura dels resultats de l'anàlisi de tubs múltiples. A partir de les corresponents taules estadístiques, NC 93-01-128 (Annex C) La línia vermella indica el límit d'enterococs fecals per la NC 22:1999 (Realització: Naturàlia).

Com es pot observar en els gràfics anteriors (Figura 2.1, Figura 2.2 i Figura 2.3), tots els valors sobrepassen la NC amb excepte dels resultats obtinguts el dia 26-02-07.

Comparant els valors en funció del dos punts de mostratge (recordant que el punt 1 és el més pròxim al riu San Juan), és d'esperar que els valors del punt 1 tinguin resultats superiors al punt 2, ja que el riu transporta matèria orgànica. Aquest fet es confirma en els resultats obtinguts.

Com hem comentat en la revisió bibliogràfica, quan els valors de coliformes totals coincideixen aproximadament amb els valors dels coliformes fecals, podem concloure que la contaminació existent prové d'aigües fecals. Però en de tenir en compta que en molts casos arribem al límit esperat. D'aquesta manera, la metodologia utilitzada no té suficient resolució i es troba en situació de saturació. Per tal d'obtenir un valor real, seria necessari major nombre de dissolucions.

La concentració d'enterococs fecals (Figura 2.3) en els punts de mostratge reforça encara més els arguments sobre l'elevada contaminació fecal de les

aigües de la platja del Judío de Matanzas. Tot i que tradicionalment s'ha considerat aquests microorganismes de contaminació fecal d'origen animal, actualment aquesta relació no està tan clara. Tot i així, i atès que bona part de les aigües que aboquen a la badia provenen d'una granja de porcí, és possible que aquesta entrada sigui la responsable del gran nombre d'enterococs detectats.

Aquesta contaminació es suma a la detectada per coliformes totals i coliformes fecals.

3.- Resultats anàlisis físicoquímics:

3.1.- Indicadors estètics

a) Paràmetres organolèptics:

Determinat de forma qualitativa, el color, l'olor, el gust i la terbolesa de l'aigua de la platja del Judío no és apta per a ús recreatiu, ja que presenta una coloració verdosa amb un cert grau de terbolesa, no causada per condicions naturals (Figura 3.1.1)

Com es pot contemplar en la il·lustració, la qualitat de les aigües ja a primer cop d'ull no és l'adequat.

En quan a l'olor i al gust, no presentava cap olor desagradable.



Figura 3.1.1 Imatge de l'aigua de la platja del Judío (Matanzas) (Fotografia: Naturalia)

La terbolesa de les aigües acostuma a ser causada per la presència de materials en suspensió, tals com l'argila, sediments, partícules orgàniques col·loïdals, plàncton i altres microorganismes microscòpics.

Aquest indicador té una relació directa amb altres indicadors de qualitat de l'aigua, és per aquest motiu que al presentar-se altes terboleses en el sistema pot estar indicant contaminació (com ja hem comprovat amb els valors microbiològics). A més és possible, que una alta terbolesa signifiqui que hi ha

presència d'aportacions d'aigües residuals, que en el nostre cas sabem que succeeix.

b) Residus sòlids a l'aigua

Com ja hem dit anteriorment, la platja presentava terbolesa a causa de matèria en suspensió, per la matèria orgànica existent i per residus flotants al·lòctons a la platja, malgrat tot, la mida d'aquest residus era més aviat reduïda.

c) Residus sòlids en la sorra

Per aquests residus no va ser possible la seva quantificació, però cal clarificar que en els 5 mostrejos realitzats hi havia presència de residus de tot tipus dipositats en la sorra. Ens varem trobar restes de fruita, pneumàtics, restes de plàstics, fustes, residus tèxtils, papers, vidres, animals en descomposició, o restes vegetals entre molts altres (Figura 3.1.2 i figura 3.1.3).

Diàriament, hi ha dos treballadors encarregats de dur a terme processos de recollida de residus sòlids, però la seva efectivitat és limitada, ja que l'aportament de residus a través del mar i de la població és continua i molt elevada. També hem de recalcar, que els residus són apilonats en punts específics de la platja, i que únicament són dos cop per setmana, per tant, molts de residus són retornats a la platja per fenòmens meteorològics.



Figura 3.1.2 Residus sòlids localitzats a la platja del Judío (Realització: Naturàlia)



Figura 3.1.3 Conjunt d'imatges de tot tipus de residus trobats a la sorra de la platja en els diferents mostrejos (Fotografies: Naturàlia)

En quan a residus sòlids a la sorra, també es va diagnosticar la presència de restes de quitrà. Per aquest motiu, es va fer un recompte de la quantitat trobada al llarg de tota la platja durant els 5 mostrejos (tenint en compte que la llargada total de la platja és de 435 metres i la densitat del quitrà per a calcular la massa és de 0,85 g/L). Els resultats obtinguts es poden quantificar en la taula 3.1 i en la seva representació en la figura 3.1.4:

Taula 3.1 de la quantitat de quitrà trobada (Realització: Naturàlia)

Data de mostreig	26-02-07	05-03-07	12-03-07	19-03-07	26-03-07
Massa de quitrà al llarg de tota la platja (mg)	48,45	263,50	89,25	510,00	935,00
Massa de quitrà trobat per cada 1metre de platja (mg/m)	0,11	0,61	0,21	1,17	2,15

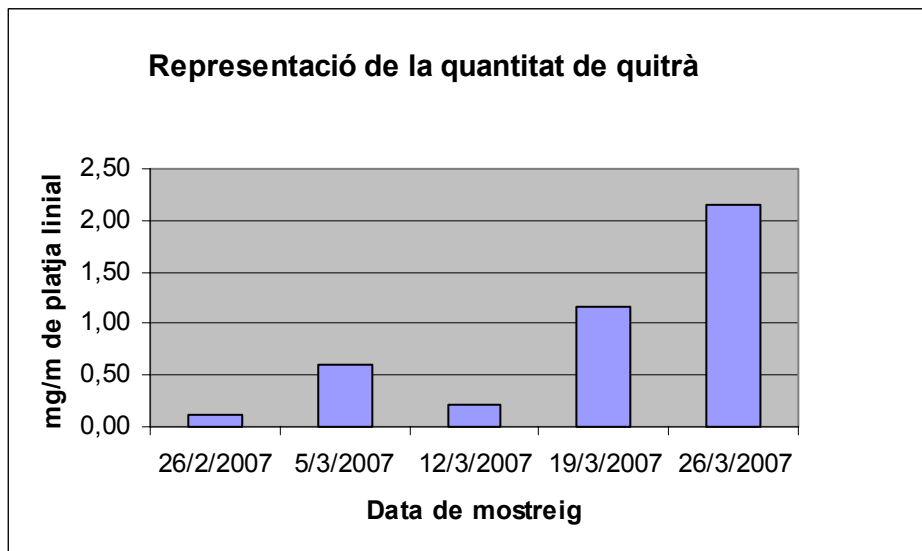


Figura 3.1.4 Representació de la quantitat de quitrà trobada (Realització: Naturalia)

A partir del gràfic volem aclarir que, en l'últim mostreig, el motiu de l'elevat valor de quitrà trobat, és causat a que ens trobàvem en una situació de marea baixa, d'aquesta manera, la superfície d'exposició de la sorra era molt major. Així justifiquem que hem trobat més quitrà que en la resta de dies, i rebutgem que hi hagi cap altre motiu de contaminació puntual d'hidrocarbur en la data de l'últim mostreig.

Els motius de presència de quitrà en la sorra de la platja, poden ser diversos, com ja hem comentat en l'apartat de revisió bibliogràfica:

- Abocament produït en la dècada del noranta a causa del xoc entre dos vaixells de petroli cru, hipòtesis poc provable, a causa del anys transcorreguts des de l'accident.
- Conseqüència del fort trànsit marítim que sofreix la zona, per culpa del corredor Veneçuela – Estats Units.
- La presència del port marítim prop de la platja, on els vaixells duen a terme processos de neteja dels cascs i reomplen els dipòsits per tal de continuar el seu transcurs.

La causa exacta de la presència de d'hidrocarburs no ha pogut ser determinada, ja que probablement sigui una combinació entre elles, i la millor solució seria no descartar-n'hi cap i tenir-les totes en compte.

3.2.- Indicadors quantitius físicoquímics de l'aigua

a) Temperatura:

Els valors de temperatura obtinguts en els diferents mostrejos es troben en la figura 3.2.1 :

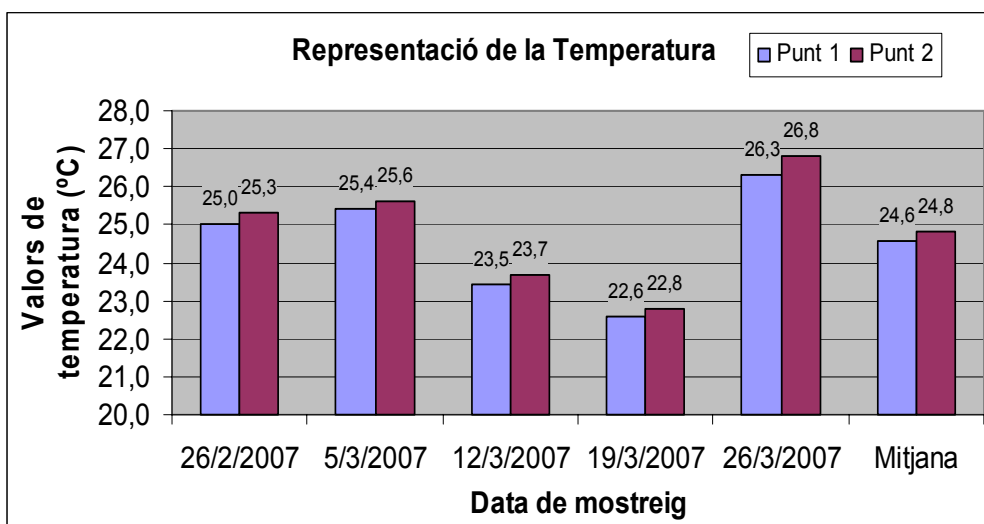


Figura 3.2.1 Representació de la Temperatura (Realització: Naturàlia)

Segons la figura 3.2.1, podem concloure que les temperatures són comunes de l'estació seca, en la que es troba el país en les dades mostrejades. Cal tenir en compte, que el mostreig es realitzava entre les 9 i les 10 del matí.

A partir del gràfic també volem justificar que els baixos valors obtinguts en el 4t mostreig són causats per una situació de front fred en la que ens trobàvem, i que a posteriori caldrà tenir en compte a l'hora d'analitzar altres indicadors.

Volem fer referència a les diferències presents entre els dos punts de mostreig, recordant que el punt 1 és el més pròxim al riu, malgrat que aquestes siguin gairebé insignificants, tenim que la temperatura del punt més pròxim al riu és inferior a la temperatura del punt 2. Això ens permet reflexionar en el fet de que les aportacions del riu causen alteracions a l'aigua de la platja, provocant-li una lleugera disminució de la temperatura, que es va atenuant a mesura que s'allunya de la desembocadura del riu San Juan.

El important conèixer els valors de temperatura de l'aigua, ja que ens ajuda a fer prediccions i/o confirmar altres condicions de l'aigua, com pot ser la

influència que té en paràmetres com l'oxigen dissolt, la demanda biològica d'oxigen o la supervivència d'algunes espècies aquàtiques.

b) pH:

Per al pH els valors analitzats estan representats en la figura 3.2.2:

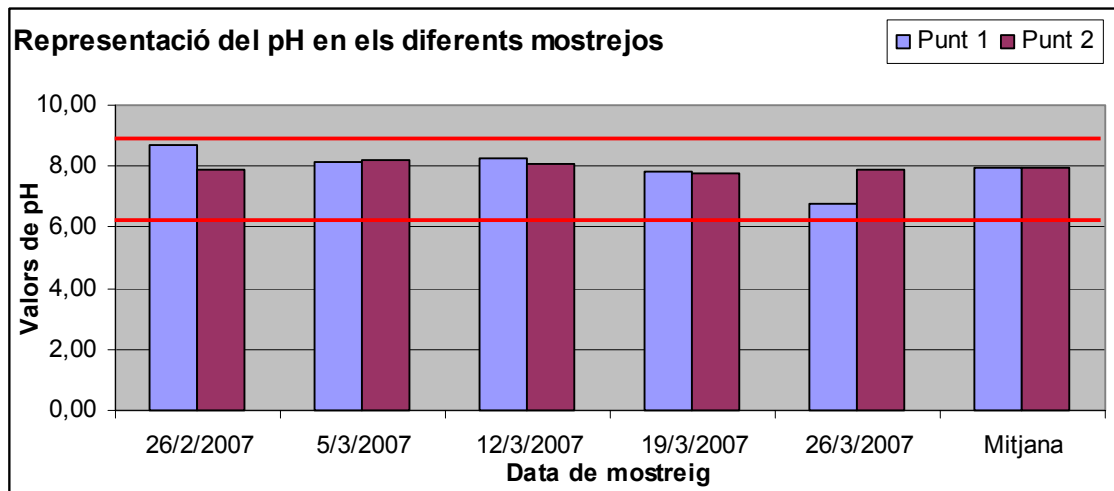


Figura 3.2.2 Representació del pH (Realització: Naturàlia)

Els resultats obtinguts segueixen una tendència lògica, ja que corresponen als típics d'un cos d'aigua que rep aportacions de corrents d'aigua dolça, és a dir, d'aigua provinent del riu.

Sabem que la mitjana del pH de l'aigua de mar de la zona té un valor de 8,2, mentre que els valors comuns de l'aigua de riu es troben entre 6 i 8 de pH. Com s'observa en la figura 3.2.2, hi ha pocs valors que arribin a 8,2 de pH, inclús els valors de les mitjanes són inferiors. Per aquest motiu, considerem com a important les aportacions d'aigua dolça del riu San Juan a la badia de Matanzas i en concret a la platja del Judío, malgrat les diferències entre els pH siguin mínimes.

Segons la Norma Cubana citada anteriorment, els valors que estableix són pH que es trobin dins de l'interval 6,1 i 8,9. Com es pot comprovar, a partir de les línies vermelles de la figura 3.2.2, tots els valors es trobem dins dels límits establerts i no tenim cap valor que incompleixi la norma, per tant, segons el pH l'aigua és apte per a ús recreatiu.

En quan a les diferències entre el punt 1 i el punt 2, el punt més allunyat de la desembocadura del riu, considerem que no hi ha diferències significatives que ens permetin extreure'n conclusions fiables.

c) Salinitat i conductivitat elèctrica:

Els valors analitzats per als diferents mostrejos, en funció del punt de mostreig es poden observa a continuació en la figura 3.2.3:

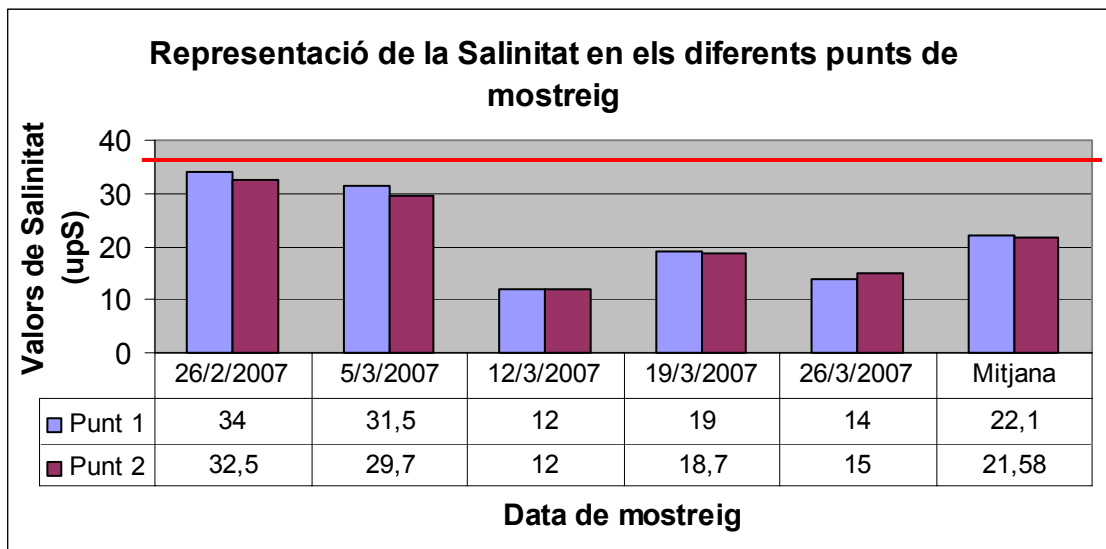


Figura 3.2.3 Representació de la salinitat (Realització: Naturàlia)

A partir de la figura 3.2.3, veiem que hi ha molta diversitat en els valors, però no trobem una explicació lògica per aquest fenomen, ja que una platja és un sistema molt dinàmic que qualsevol canvi en algun factor pot alterar molt els resultats.

Amb aquest gràfic, únicament volem comentar que, comparant el valor guia de la Norma Cubana amb els presents, no tenim cap valor que arribi a 36 ups, que és el mínim que aquesta estableix la norma per a platges d'ús recreatiu. Això ens permet confirma la importància de les aportacions d'aigües d'origen extern, com són el cas de les aigües del riu San Juan i les aigües provinents de la xarxa de clavegueram de la ciutat de Matanzas. Per tant, segons la Norma Cubana, la salinitat fa que aquesta platja no sigui apta per l'ús que se l'hi ha adjudicat. També cal tenir en compte, que malgrat no sigui apte per la salinitat, aquest no seria un indicador amb suficient pes per a limitar l'ús de la platja; malgrat tot, aquest indicador va acompanyat de molts altres que també ens donen

com a resultat no apte, sobretot pels microbiològics que són fonamentals per a clausurar una platja d'aquest tipus d'ús.

Comentant les diferències entre els dos punts, veiem que no segueix una tendència i no podem extreure'n conclusions, ja que no hi ha diferències significatives.

d) Oxigen dissolt i grau de saturació d'oxigen

Els valors d'oxigen dissolt trobats donen lloc a la figura 3.2.4:

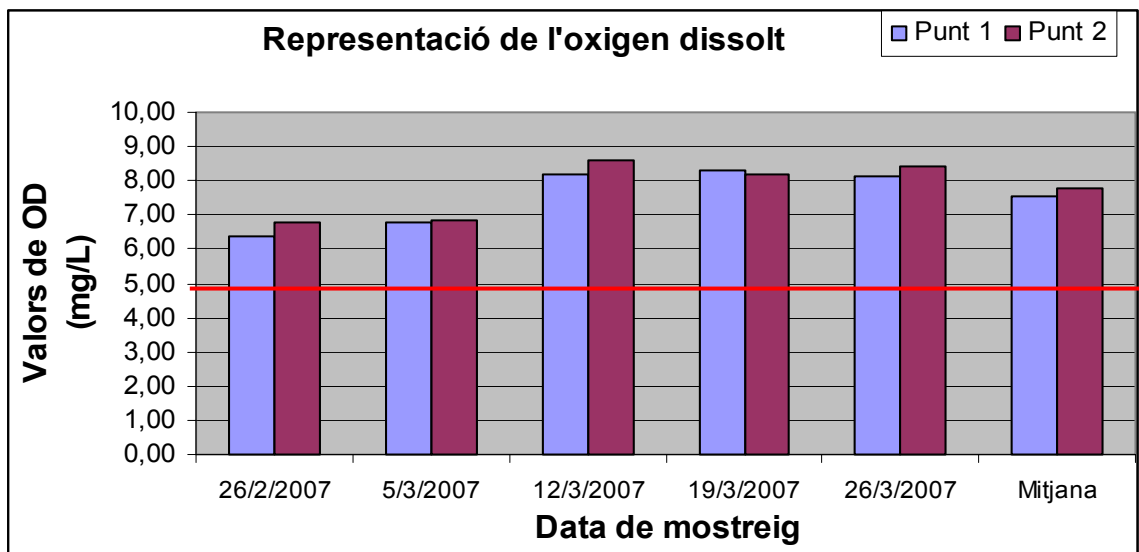


Figura 3.2.4 Representació de l'Oxigen Dissolt (Realització: Naturàlia)

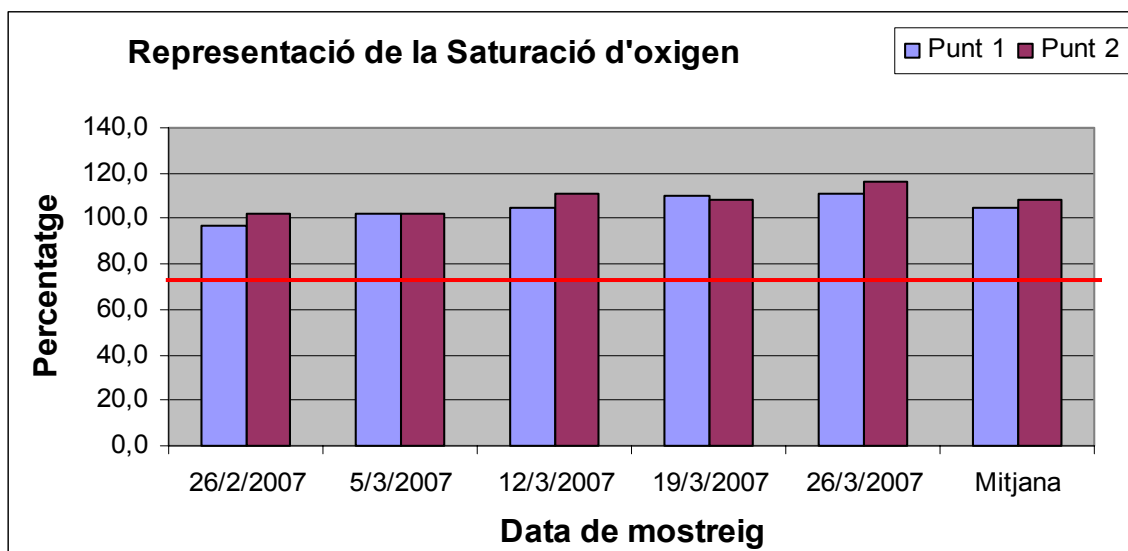


Figura 3.2.5 Representació de la Saturació d'Oxigen (Realització: Naturàlia)

Segons la NC 22:1999, el valor que estableix és de 5 mg d'O₂/L o 70 % de saturació d'oxigen, com a mínim per tal de que hi hagi un desenvolupament normal en la vida del medi marí, corresponent a la línia vermella de la figura 3.2.4.

Tan en la figura 3.2.4 com en la figura 3.2.5, ambdós referents a la concentració d'oxigen, no tenim cap valor que incompleixi la normativa, per aquest motiu, concloem que existeix una situació de bona oxigenació.

Volem també aclarir el motiu pel qual hem calculat els dos indicadors, ja que en la saturació de l'oxigen, el seu càlcul contempla els paràmetres de temperatura i salinitat, a diferència del càlcul de l'oxigen dissolt. Malgrat tot, entre els dos coeficient no experimentem diferències.

Si comparem els dos punts de mostreig, en general, tenim una concentració d'oxigen superior al punt 2 vers el punt 1, el més proper al riu. L'explicació que donem per aquest fet, és que el riu conté més residus amb alt nivell de matèria orgànica, que provoca una disminució de la quantitat d'oxigen d'aquest, per aquest motiu tenim menys oxigen al punt 1 que al punt 2, i demostrem de nou la influència de les aportacions del riu a la platja estudiada.

El fet que els residus que conté el riu siguin rics en matèria orgànica, seria una clara comprovació dels resultats obtinguts en la part microbiològica, en que deduïm que el riu i la badia, en general, són receptors d'aigües d'origen residual de la xarxa de clavegueram amb altes càrregues orgàniques.

e) Demanda Química d'Oxigen (DQO) i Demanda Biològica d'Oxigen (DBO)

Després dels càlculs d'ambdós indicadors, els hem relacionat mitjançant la següent figura 3.2.6. Recordem que els límits establerts per la NC 22:99 són 3 mg O₂/l per a la DBO i 2 mg O₂/l per a la DQO.

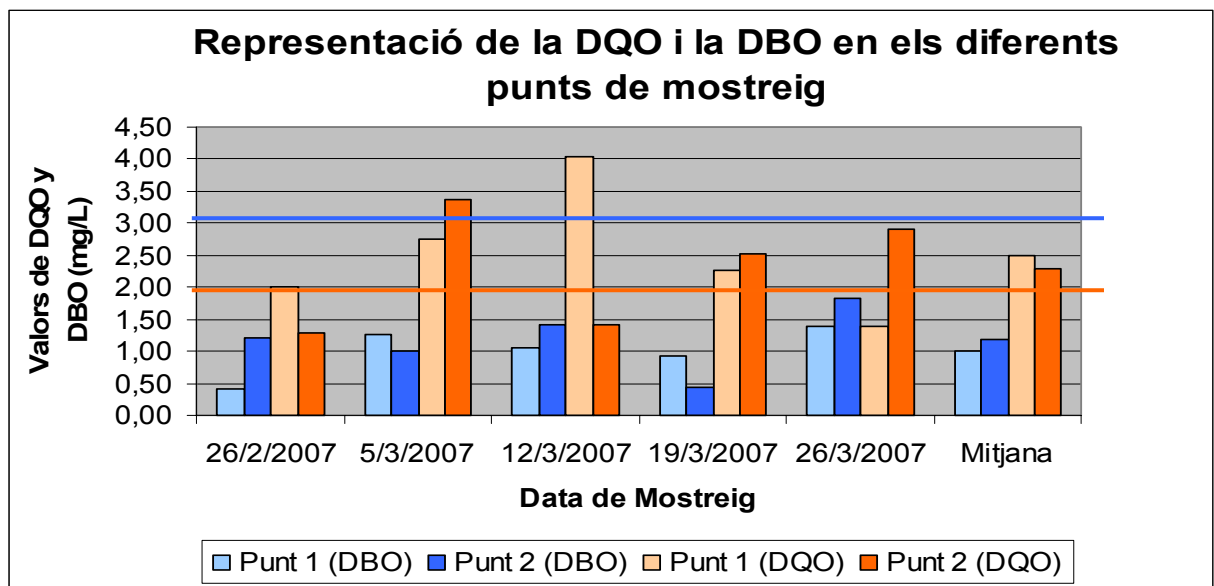


Figura 3.2.6 Valors de DQO i DBO per ambdós punts de mostreig (Realització: Naturàlia)

Per a la DBO, en cap cas es sobrepassa la norma, mentre que per a la DQO en alguns casos sí que és sobrepassada, inclús els valors de la mitjana estan incomplint la normativa.

En general, els valors no segueixen cap tendència en funció del punt de mostreig.

El fet de que la DQO ens doni valors tan elevats és perquè existeix unes altes aportacions d'aigües residuals domèstiques a la badia, que estan molt carregades de matèria orgànica. L'origen d'aquesta matèria orgànica és el motiu principal, pel qual el paràmetre de la DQO és tan elevat respecte el paràmetre de la DBO, arribant a límits d'incompliment de la legislació establerta, conclusió més profunditzada en l'apartat de grau de biodegradabilitat.

f) Balanç de l'oxigen i de la Demanda Biològica d'Oxigen:

Després d'obtenir els valors d'O₂ i de DBO, podem aplicar un indicador que analitzar la relació entre aquests dos, i que ens informa sobre si el sistema aquàtic estudiat es troba amb problemàtiques d'hipòxia (durant el dia, causada pels productors primaris existents que alliberen oxigen a l'aigua) i d'anòxia (durant la nit, ja que els productors primaris consumeixen l'oxigen).

Els valors que ens determinaran la situació anterior són:

- Si $[O_2] < 5 \text{ mg/L}$
- Si la DBO $> 2 \text{ mg/L}$

Si ambdues condicions es compleixen simultàniament, caldrà tenir en compte la possible situació a la que en podrem trobar en el nostre sistema.

Les dades d'oxigen i de DBO obtingudes es poden trobar en la taula 3.2.1:

Taula 3.2.1 Dades d'oxigen dissolt i DBO (Realització: Naturàlia)

Punt de mostreig	Data de mostreig	Concentració d'Oxigen Dissolt (mg d'O ₂ /L)	DBO ₂₀ ⁵ (mgd'O ₂ /L)
1	26/2/2007	6,35	0,42
2	26/2/2007	6,78	1,21
1	5/3/2007	6,79	1,26
2	5/3/2007	6,85	1,01
1	12/3/2007	8,19	1,05
2	12/3/2007	8,58	1,42
1	19/3/2007	8,33	0,92
2	19/3/2007	8,20	0,43
1	26/3/2007	8,15	1,59
2	26/3/2007	8,41	3,15

Com s'observa amb la taula 3.2.1, tan la concentració d'oxigen dissolt com la DBO, en cap cas no es compleixen les condicions per a tenir una situació d'hipòxia/anòxia. Segons aquesta condició, no tenim limitacions en la capacitat d'autodepuració del mar.

g) Grau de biodegradabilitat

Tot seguit, hem estimat la relació entre els dos paràmetres anteriors, per tal d'extreure'n millors conclusions. La relació utilització és el que anomenem grau de biodegradabilitat (GB) i ens dóna una idea sobre la persistència ambiental de la matèria orgànica en el medi estudiat.

$$GB = \frac{DBO_5^{20}}{DQO} \times 100$$

En funció dels valors obtinguts tindrem:

- Si GB $> 50 \%$ \Rightarrow La matèria orgànica present és poc complexa

- Si GB <50 % \Rightarrow La matèria orgànica present té un cert grau de complexitat, provocant refractabilitat a les oxidacions microbiològiques.

Un cop determinats els possibles resultats que als que optem, analitzem ara el coeficient amb les nostres dades (Figura 3.2.7):

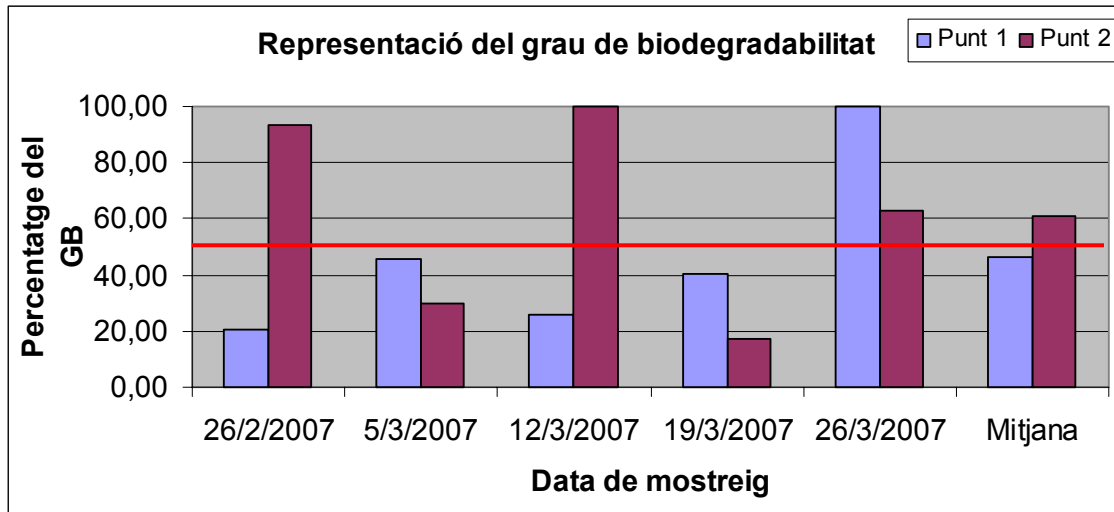


Figura 3.2.7 Representació del GB (Realització: Naturàlia)

A partir de la figura 3.2.7 i tenint en compte els valors del 50 % (corresponent a la línia vermella), podem determinar que malgrat hi ha valors que superen aquest percentatge en punts concrets, la majoria d'elles no hi arriben.

En els casos que no s'arriba al 50 %, podem concloure que la matèria orgànica present continguda provoca refractabilitat a les oxidacions microbiològiques, donant així una major resistència a la degradació d'aquesta causada per substàncies tòxiques que retarden o inhibeixen la biodegradabilitat (metalls pesants, cianurs, clors, o matèria orgànica més complexa en general). Quan ens trobem en aquestes condicions, tendim a suposar l'existència de matèria orgànica d'origen al·lòcton a la badia. Aquesta refractabilitat sovint dóna lloc a problemes d'autodepuració del medi, provocant acumulació de la matèria en l'aigua i reduint la concentració d'oxigen.

En la figura 3.2.7 també disposem de punts on la matèria orgànica és poc complexa, és el cas del punt 2 en els mostrejos dels dies 26 de febrer i 12 de març. En aquest casos, els processos d'autodepuració de l'aigua seran majors que en els altres casos, gràcies a la baixa refractabilitat que aquesta comporta.

De forma general, tenim valors intermedis de grau de biodegradabilitat, per la qual cosa podem determinar la presència de tot tipus de matèria orgànica, complexa i no tan complexa, que provocarà en alguns casos problemàtiques en l'autodepuració de la massa d'aigua.

h) Fòsfors de l'aigua

Per aquest tipus de nutrient, la NC 22:1999 no estableix cap valor exacte, es limita a dir que la seva concentració no produeixi en cap cas eutrofització de les aigües.

En quan als fòsfors, nosaltres hem volgut obtenir la relació entre el fòsfor inorgànic (PO_4) i el fòsfor total, ja que aquesta relació ha de ser, que el fòsfor inorgànic sigui el 25 % del fòsfor total. Els valors que s'han obtingut dels dos tipus de fòsfors analitzats es presenten en la figura 3.2.8:

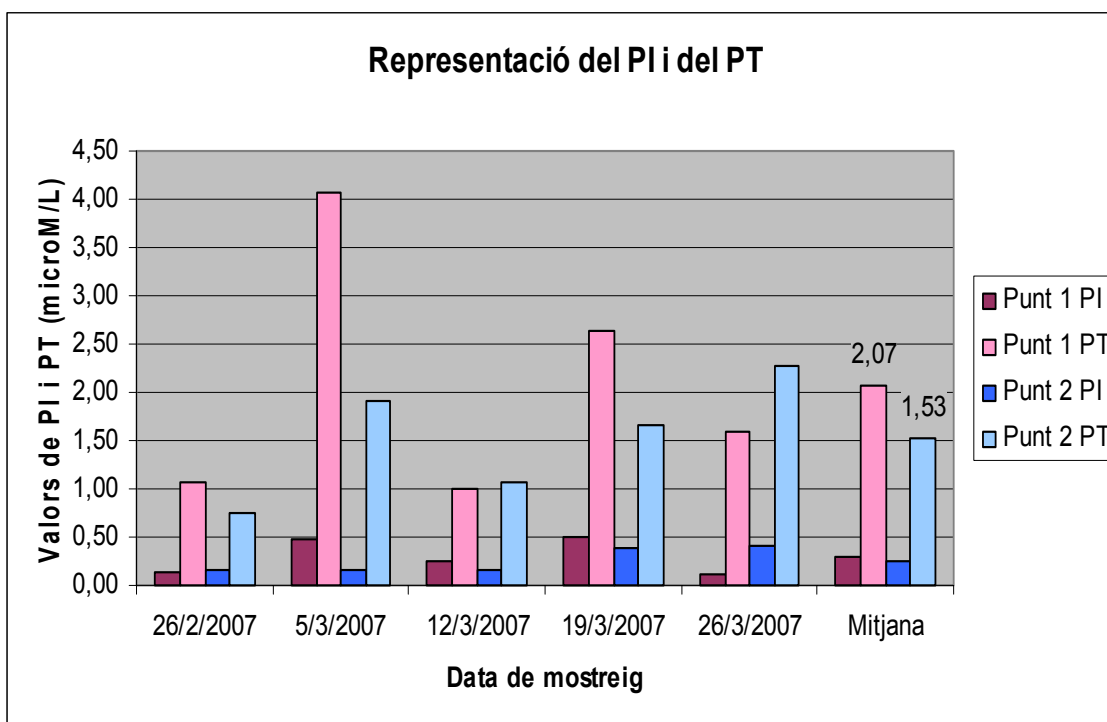


Figura 3.2.8 Representació del Fòsfor Inorgànic i del Fòsfor Total per a les diferents dades de mostreig en ambdós punts.

Els valors comuns de fòsfor total haurien de situar-se entre 0,5 i 1 $\mu\text{M/L}$ segons la bibliografia "Standard methods for the examination of Water and

Wastewater”⁹. Si comparem aquest valors amb els obtinguts i representats en la figura 3.2.8, es pot concloure que hi ha excés de fòsfor total, i per tant, aquest no serà cap limitant per als productors primaris. El fòsfor acostuma a ser l'element que provoca aquesta limitació, d'aquesta manera, amb aquesta alta disponibilitat de fòsfor present, podem trobar-nos en situacions d'eutrofització, que eren es podien detectar a simple vista, com s'observa en la figura 3.2.9.



Figura 3.2.9 Il·lustració de la zona continua de la platja del Judío, on es mostra l'eutrofització existent en la badia (Realització: Naturàlia)

Com hem comentat anteriorment, el fòsfor inorgànic hauria de trobar-se en proporció amb el fòsfor total, amb una relació de 1:4, tenint en compte que la resta de fòsfor restant del total serà de tipus orgànic. D'aquesta manera, s'ha presentat els resultats obtinguts d'aquesta relació en la taula 3.2.2:

⁹ APHA, AWWA, WPCF, (1979). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*. Washington: Ed. American Public Health Association, Ed. 17, 1.5-3.12.

Taula 3.2.2 Valors obtinguts de Fòsfor Inorgànic, de Fòsfor Total i Relació entre ambdós.
(Realització: Naturalia)

Punt de mostreig	Data de mostreig	PI μM/L	PT μM/L	PI/PT
1	26/2/2007	0,13	1,07	12
2	26/2/2007	0,15	0,75	20
1	5/3/2007	0,49	4,06	12
2	5/3/2007	0,16	1,91	9
1	12/3/2007	0,25	0,99	26
2	12/3/2007	0,17	1,07	16
1	19/3/2007	0,50	2,63	19
2	19/3/2007	0,39	1,65	24
1	26/3/2007	0,10	1,59	7
2	26/3/2007	0,42	2,27	18

A partir de la relació presentada en la taula 3.2.2 sobre la fracció PI/PT, podem concloure que els valors segueixen una tendència que no arriba al 25 % que estableix la bibliografia. Per aquest motiu, l'aigua presenta més quantitat de fòsfor orgànic. Això pot provocar eutrofització, com hem comentat anteriorment, per al valor de fòsfor total.

i) Nitrats + Nitrits vers l'Amoni

A partir dels valors de nitrats, nitrits i de l'amoni, els hem volgut comparar, en la figura 3.2.10 (per al punt 1) i en la figura 3.2.11 (per al punt 2).

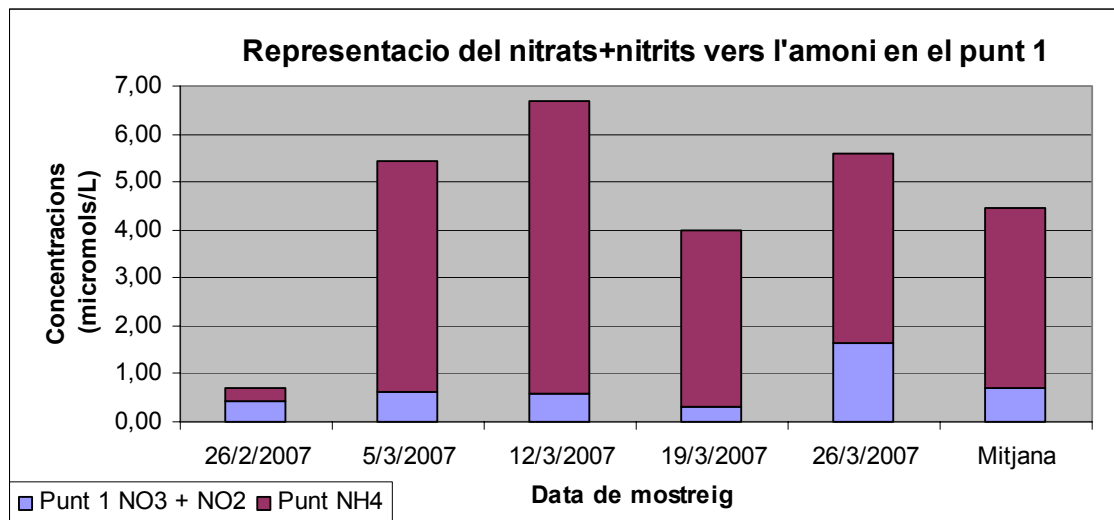


Figura 3.2.10 Relació dels nitrats+nitrits en relació a l'amoni en el punt de mostreig número 1 (Realització: Naturàlia)

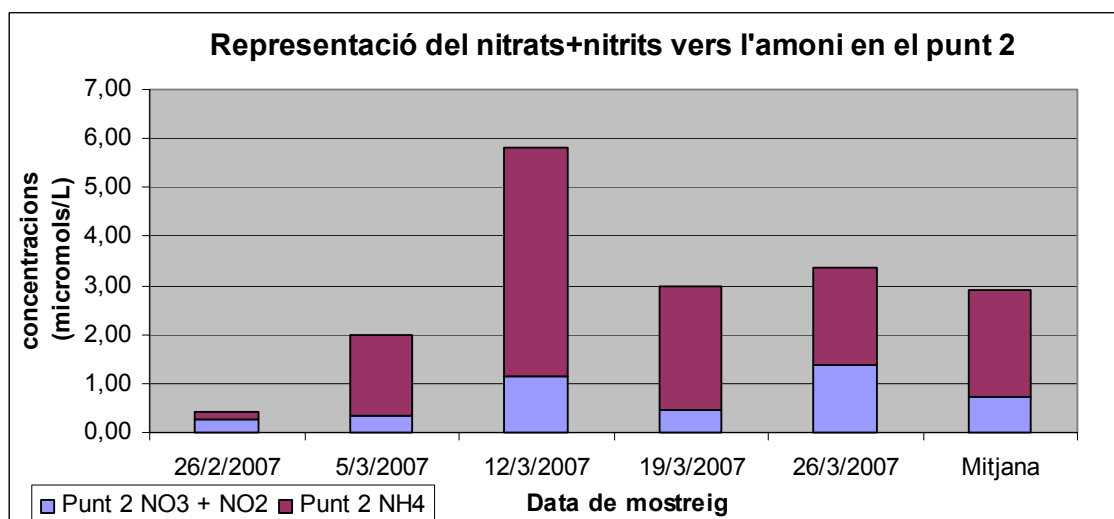


Figura 3.2.11 Relació dels nitrats+nitrits en relació a l'amoni en el punt de mostreig número 2 (Realització: Naturàlia)

La Norma Cubana 22:1999 que no regula aquest paràmetre tampoc, únicament ens estableix que sigui l'adequat per a que no tinguem situacions d'eutrofització en l'aigua.

En les figures 3.2.10 i 3.2.11 s'aprecia que les concentracions d'amoni (NH₄) obtingudes són molt superiors a les concentracions de nitrits+nitrats en els dos punts de mostratge en totes les dates de mostreig amb l'única excepció del primer dia (26-02-2007), on igualment que en els resultats microbiològics, aquest dia les concentracions de contaminació eren molt inferiors. La presència excessiva d'amoni respecte nitrits+nitrats és una característica molt comuna en

aigües fluvials contaminades d'origen domèstic o provinents de la xarxa de clavegueram, ja que aquestes tenen altes concentracions d'amoni, causades per les excrecions humanes que hi arriben.

Si comparem les dues figures (figura 3.2.10 i figura 3.2.11) podem concloure que no hi ha diferències significatives en quan als dos punts de mostreig.

j) Sòlids de l'aigua

En les determinacions dels sòlids de l'aigua es varen realitzar les quantificacions dels sòlids volàtils i dels sòlids totals, amb l'objectiu principal de determinar una aproximació dels valors dels sòlids en suspensió, ja que els sòlids volàtils són el resultat de la suma de sòlids en suspensió i dels sòlids en dissolució.

Els resultats obtinguts es mostren en la figura 3.2.12:

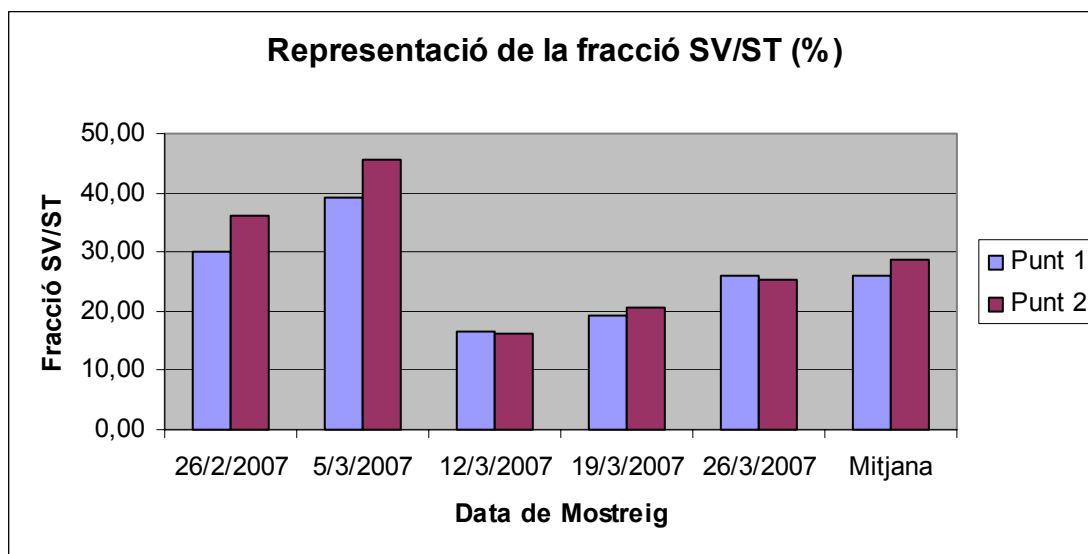


Figura 3.2.12 Representació del percentatge que suposa els sòlids volàtils en funció dels sòlids totals (Realització: Naturàlia)

Com es veu en la figura 3.2.12, l'efecte de resuspensió del riu (en el punt 1) no provoca suficient suspensió dels sòlids com el vent i les onades que trobem en el punt 2, que fan que hi hagi una major presència de sòlids volàtils en el punt 2 respecte el punt 1.

3.3.- Indicadors quantitius físicoquímics del sediment

a) Matèria orgànica del sediment

Les determinacions de la matèria orgànica, pel mètode de pèrdua d'aigua per ignició, estan sobrevalorades, ja que els resultats dels sediments que s'obtenen contenen bicarbonats que es descomponen a 270° C i l'aigua d'oclusió de les partícules cristal·lines es perd a la temperatura d'incineració.

Els resultats obtinguts es mostren en la figura 3.3.1:

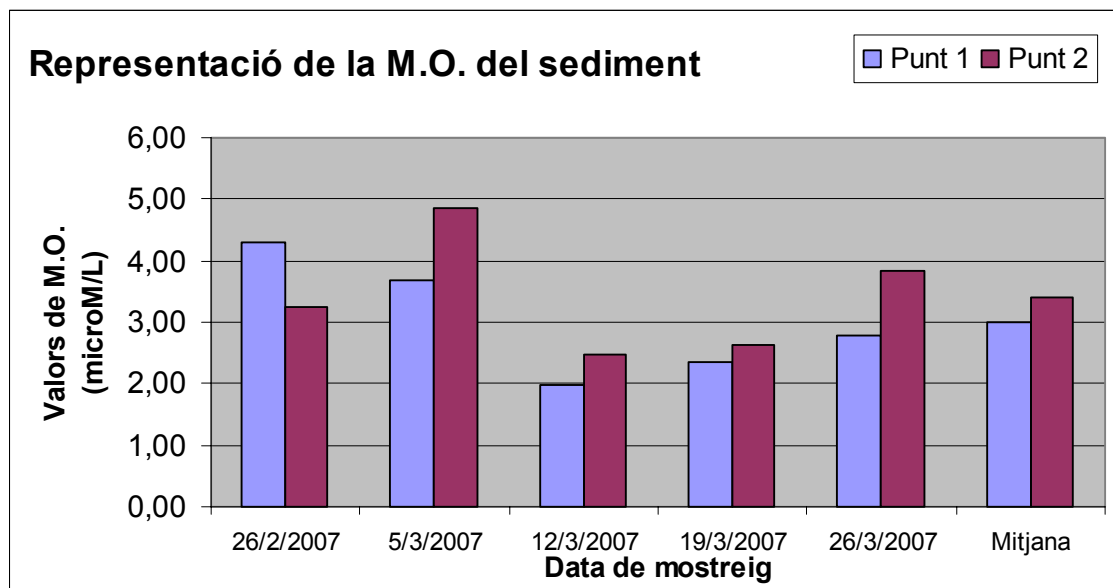


Figura 3.3.1 Representació de la matèria orgànica del sediment (Realització: Naturàlia)

Els resultats representats en la figura 3.3.1 ens mostren un baix contingut de matèria orgànica en el sediment.

S'observa que els valors obtinguts en el punt 2 (punt més allunyada del riu), en la seva majoria presenten concentracions de matèria orgànica superiors.

b) Carbó orgànic del sediment

El carbó orgànic és la forma més activa de la matèria orgànica present en el sediment. Els sediments de la platja són generalment pobres en matèria orgànica, i per tant també pobres amb carbó orgànic, com es pot contemplar en la figura 3.3.2:

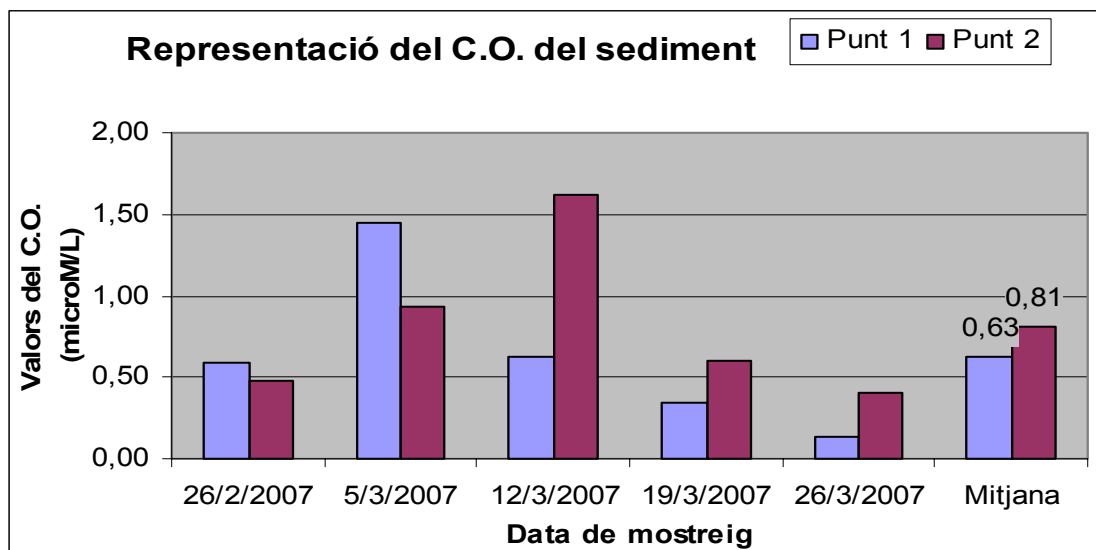
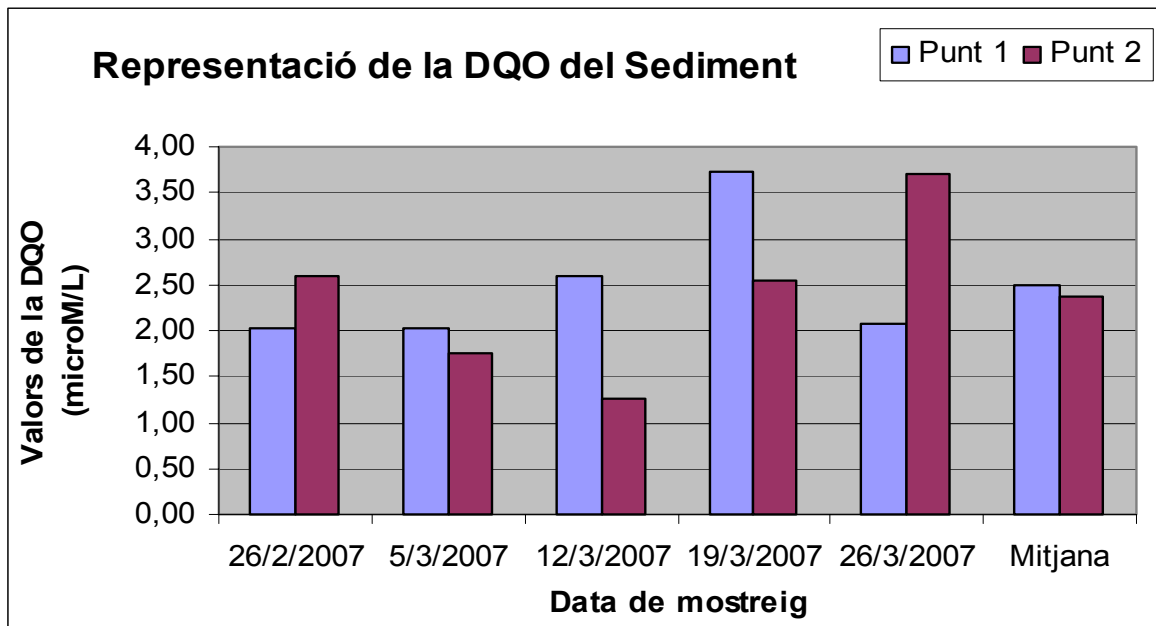


Figura 3.3.2 Representació del Carboni Orgànic del sediment (Realització: Naturàlia)

En les determinacions de carbó orgànic, es considera sediments pobres en aquest element, quan els valors presents són inferiors al 2,6 %. En la figura 3.3.2, s'observa que no hi ha cap valor que superi aquest límit, per tant, concloem que el sediment té concentracions baixes de carbó orgànic.

c) Demanda Química d'Oxigen del sediment

L'indicador del consum d'oxidant químic en un sediment s'expressa mitjançant el paràmetre DQO. Els continguts de matèria orgànica analitzats anteriorment, cal que estiguin estan correlacionats amb els valors de DQO per a que siguin lògics. Els valors de DQO del sediment es poden apreciar en la figura 3.3.3:



**Figura 3.3.3 Representació de la Demanda Química Orgànica del Sediment
(Realització: Naturàlia)**

Per als valors de DQO del sediment, la NC 22:1999 no estableix cap criteri. Hem volgut comparar els valors de DQO obtinguts amb altres valors de DQO de diferents fons tous de platges de l'illa. Amb aquesta comparació, hem conclòs que els valors del nostre sediment presenten baixos continguts de DQO, ja que ens trobem davant de sediments d'esculls coral·lins formats fonamentalment per sediments carbonatats.

d) Fòsfors del sediment

Hem analitzat tres tipus de fòsfor, i un quart que l'hem estimat per diferència amb el fòsfor total. La relació entre aquests quatre tipus de fòsfor és la següent:

$$\text{Fòsfor Total} = \text{Fòsfor Inorgànic} + \text{Fòsfor Orgànic} + \text{Fòsfor Orgànic Refractari}$$

Tot seguit, presentem els valors obtinguts en la figura 3.3.4:

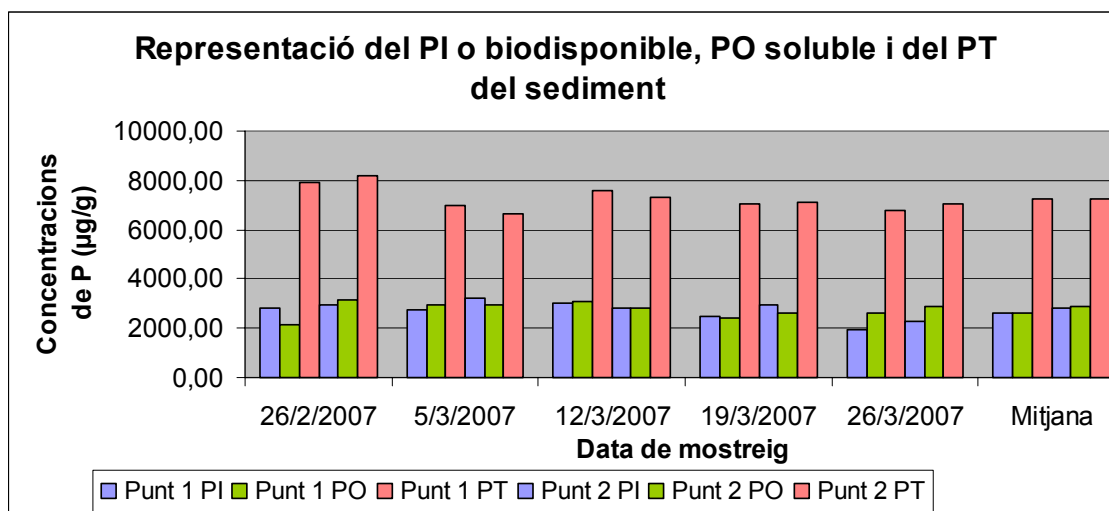


Figura 3.3.4 Representació del fòsfor Inorgànic o biodisponible, del fòsfor orgànic soluble i del fòsfor total del sediment. (Realització: Naturàlia)

Els sediments que conté la platja estudiada tenen una gran abundància en fòsfor. Aquest fòsfor inicialment es localitza en la columna d'aigua, però els carbonats que contenen els sediments, tenen la capacitat de provocar la immobilització del fòsfor en el mateix sediment, sobretot per part del fòsfor inorgànic. A causa d'això, hi ha acumulació de fòsfor en el sediment.

3.4.- Conclusions dels indicadors físicoquímics

L'aigua de la platja del Judío presenta un cert grau de terbolesa i coloració no pròpia de les condicions naturals del sistema aquàtic. També conté una gran quantitat de materials en suspensió i presenta residus sòlids dispersos al llarg de la platja, entre els quals podem trobar restes de quitrà. Des d'aquest punt de vista qualitatiu, es produeix un primer incompliment de la legislació que li afecta, declarant-la ja com a no apte per a l'ús recreacional.

Altres paràmetres com una baixa salinitat i una elevada DQO, sobrepassen la Norma Cubana 22:1999 en ambdós casos, ens justifiquen el fet de que hi hagi aportaments d'aigües d'origen fecal provinents del riu i de la xarxa de clavegueram de la ciutat. El càlcul del grau de biodegradabilitat ens ha confirmat novament la presència d'aquesta matèria orgànica d'origen al·lòcton a la badia, que provoca un increment de la refractabilitat per a les oxidacions microbiològiques, amb greus conseqüències, ja que provoca dificultats en la capacitat d'autodepuració de la platja i a més poden fer disminuir els nivells

d'oxigen dissolt en l'aigua (malgrat que no ens hi hem trobat encara en aquesta situació, de moment, perquè els nivells d'oxigenació són els correctes).

La elevada presència d'amoni en l'aigua és un símbol clar de l'origen de les aigües aportades, reafirmant l'origen fecal.

En quan als nutrients, tenim un excés de l'element bàsic limitant per a processos d'eutrofització, és a dir, hi ha excés de fòsfor en l'aigua, i caldria controlar-lo perquè ens podria donar problemes de contaminació per part dels productors primaris, desencadenant a molts altres problemes com l'esgotament de l'oxigen de l'aigua o augment de la terbolesa entre altres.

Per part del sediment, aquest no presenta contaminació, i conté uns nivells baixos de matèria orgànica, la qual cosa implica uns baixos nivells de carbó orgànic i una demanda química d'oxigen pròpia de sistemes naturals. Els sediments que trobem, tenen gran abundància de fòsfor acumulat en forma insoluble a causa de la presència de carbonats que els fixen al sediment.

En general, la platja del Judío, des del punt de vista fisicoquímic no és apta per a ús recreatiu, malgrat tot, aquests paràmetres no serien suficient per a prohibir-n'hi el bany, malgrat que la legislació així ho empari, ja que els efectes negatius que podrien provocar a la població, no són de la intensitat que els efectes provocats per contaminació microbiològica.

Gràcies a la combinació d'efectes microbiològics i possibles efectes causats per la contaminació fisicoquímica, determinem que la platja no és apta per a ús recreacional i és necessari una intervenció immediata, per tal de millorar-n'hi la qualitat abans que la situació sigui irreversible.

Capítol V: Pla d'Acció

Per intentar millorar la qualitat ambiental i sanitària de la platja del Judío (Matanzas), nosaltres proposem les següents mesures correctores, tenint en compte que Cuba és un país en via de desenvolupament i no disposa de gaires recursos econòmics ni materials. Malgrat tot, creiem que hi ha certes mesures que són primordials per tal de disminuir els riscos a que està exposada la població.

1.- En primer lloc, s'hauria de millorar el sistema de tractament de residus sòlids i líquids per a:

Població: Per solucionar el problema dels residus, l'ídoni seria crear tota una xarxa de clavegueram amb transport a una planta depuradora, pel que fa als residus sòlids urbans s'hauria de realitzar una recollida selectiva. Som conscients que aquestes mesures tenen un cost molt elevat, que la ciutat no és pot permetre, per tant proposem mantenir l'antic sistema de fossa sèptica en els habitatges ja construïts, però aquestes hauran de garantir una correcta impermeabilització en cada domicili. En les noves vivendes s'hauria de començar a aplicar una tecnologia més eficient, com les anomenades al principi.

Indústria: Realitzar controls periòdics, atès que en molts casos, aquestes no compleixen els límits permesos d'emissió al medi. També s'hauria de fer una revisió a la legislació vigent, ja que creiem que és bastant benvolent.

2.- Realitzar programes d'educació ambiental a les escoles, llocs de treball, i potenciar les polítiques ambientals i de sostenibilitat, per tal de conscienciar a la població dels problemes ambientals actuals i de la importància del medi ambient. Educant així a les noves generacions, reduïrem els problemes ambientals a llarg termini.

3.- A part de la platja que nosaltres hem estudiat, aquest problema també pot erradicar a altres platges de la Badia, per tant també s'haurien de realitzar estudis d'aquesta índole.

4.- Fer pública la informació de la qualitat de les platges mitjançant la implantació de cartells, per tal de que la població sigui conscient del risc al que s'exposa.

5.- Per últim, seria convenient dur a terme mesures de conservació del paisatge, retirant les espècies al·lòctones vegetals i realitzar una repoblació amb espècies autòctones, millorant així l'estètica ambiental d'aquestes.

Capítol VI: Conclusions

Les conclusions que podem extreure de la nostra avaluació preliminar de la qualitat ambiental de la platja de Judío, són:

1. L'aigua de la platja del Judío té una categoria de NO APTE per l'ús recreacional. Hem arribat a aquesta conclusió, a partir dels grans valors que hem obtingut dels anàlisis microbiològics, que comparant-los amb la NC 22:1999, sempre han donat per sobre dels límits establerts (menys el primer dia), també cal remarcar que els límits establerts per la NC són bastant benivolents en comparació amb els països de la U.E., però més estrictes que d'altres països d'Amèrica del Sud. Per part d'alguns paràmetres físicoquímics també es produeix un incompliment de la normativa.
2. Els elevats valors dels diferents indicadors de contaminació són deguts a la manca de clavegueram en la ciutat i, per tant, totes les esorrenties arriben a la badia sense cap tipus de tractament.
3. Un altre factor de contaminació de la mala qualitat microbiològica de l'aigua de la badia serà la no impermeabilització en molts de casos de les fosses sèptiques que per filtracions poden arribar a les aigües naturals.
4. Els abocaments no controlats a la badia, tan d'origen industrial com agrícola i/o ramader, no fan més que agreujar aquests nivells de contaminació. A més, serà interessant d'estudiar si les indústries aboquen també altres contaminants d'origen químic, i potencialment tòxic (metalls pesats, pesticides, etc.) atès que bona part dels abocaments procedeixen d'indústries que utilitzen rutinàriament substàncies químiques en els seus processos de producció.

5. Aquesta contaminació no només té un risc per a l'ecosistema, sinó que és un risc per la salut dels habitants de la zona. Aquest risc no tan sols és microbiològics (bacteris patògens, virus, etc.) sinó també de substàncies químiques, ja que l'aigua té una gran càrrega d'amoni i les condicions d'eutrofització són elevades.
6. Per tal de millorar la gestió d'aquest espai, hem desenvolupat un pla d'accions, per tal de millorar-n'hi la qualitat i reduir possibles riscos per a la població que hi conviu.

Capítol VII: Referències bibliogràfiques i recursos digitals.

APHA, AWWA, WPCF, (1979). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater*. Washington: Ed. American Public Health Association. ISBN: 0-87553-207-1

BALADO E., NIETO E. (1990). *Sistema Cavernario Reinundado de la Bahía de Cochinos*. Grupo Espeleológico MARTEL. Sociedad Espeleológica de Cuba.

BLANCO M. (2003). *Diagnóstico Físico Ambiental de las Playas de la Ciénaga de Zapata. Ideas preliminares para un Programa de Manejo Integrado Costero*. Tesis en opción al título académico de Master en Gestión, Control y Protección de los Recursos Naturales. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.

FERRERA, V., J.R FAGUNDO, P. GONZÁLEZ, I. MORRELL, A. PULIDO-BOCH, M.LÓPEZ-CHICANO Y F. LÓPEZ-VERA. (1999). *Caracterización Hidrogeoquímica de los acuíferos kársticos de la Cuenca y Zapata, Matanzas*. Habana: Voluntad Hidráulica, (91): 21-27, C.

GONZÁLEZ J. (2003). *Diagnóstico de los parches de arrecifes en el litoral oriental de la Bahía de Cochinos. Tesis en opción al título académico de Master en Gestión, Control y Protección de los Recursos Naturales*. Matanzas: Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

JUANES, J.L. (1996): *La erosión de las playas de Cuba. Alternativas para su control*. Tesis de doctorado.

MONTALVO J., MARTÍNEZ M., PERIGÓ E. (2000). *Técnicas Analíticas para Agua y Sedimentos Marinos. Protocolos de Trabajo*. Habana: Instituto de Oceanología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

MONTALVO J., PERIGÓ E., RODAS L., (2005). *Calidad abiótico-ambiental de los cuerpos de aguas interiores y arrecifes coralinos del archipiélago Sabana – Camagüey*. Habana: Instituto de Oceanología, CITMA.

NC 22: 1999. *Lugares de Baño en Costas y en Masas de Aguas Interiores. Requisitos Higiénicos Sanitarios*. Oficina Nacional de Normalización (NC). Edición 1.

NC 93-01-128:88 SNPMA Hidrosfera. *Determinación de NMP de coliformes fecales y totales*.

NC 93-21:86 Higiene Comunal. *Determinación de calor en agua*.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; LORA SORIA, F. (1975). *Control de calidad y tratamiento del agua : manual de abastecimientos públicos de aguas*. Madrid : Instituto de Estudios de Administración Local. ISBN: 84-7088-162-0

WALTER J. WEBER, J.R. ; [versió espanyola de Jorge Bessa Feixas] ; [revisada por Rogelio Areal Guerra] (1979). *Control de la calidad del agua : procesos físicoquímicos*. Barcelona: Reverté. ISBN: 84-291-7522-9

NALCO CHEMICAL COMPANY; KEMMER, F.; MCCALLION J. (1993). *Manual del agua : su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. México: McGraw-Hill. ISBN: 968-451-290-2

TEBBUTT, T.H.Y. (1990). *Fundamentos de control de la calidad del agua*. México : Limusa: Noriega. ISBN: 968-18-3317-1

POCH ESPALLARGAS, M. (1999). *Les Qualitats de l'aigua*. Barcelona : Rubes: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. ISBN: 84-497-0085-X

GARCÍA GARRIDO, J. (1986). *El Agua en la producción, La Calidad del agua*. Barcelona : Prensa XXI. ISBN: 84-86052-07-6

GUINEA, J.; SANCHO, J.; PARES, R. (1979). *Análisis microbiológico de aguas : aspectos aplicados*. Barcelona : Omega. ISBN: 84-282-05441-8

RODIER, J. (1981). *Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales, agua de mar : química, fisicoquímica, bacteriología, biología*. Barcelona : Omega. ISBN: 84-282-0625-2

PÉREZ LÓPEZ, J.A.; ESPIGARES GARCÍA, M.; MARISCAL LARRUBIA, A (1995). *Estudio sanitario del agua*. Granada : Universidad de Granada, Servicio de Publicaciones. ISBN: 84-338-2061-3

WORLDWATCH INSTITUTE (2004). La situación del mundo 2004, tema central: La sociedad de consumo. Barcelona: Icaria editorial. ISBN: 84-7426-704-8.

Capítol VIII: Annexos

Annex 1: Recopil·lació de dades

S'ha adjuntat, les dades en el següent ordre:

- 1) Dades anàlisis microbiològics.
- 2) Dades anàlisis fisicoquímics.

Annex 2: Legislació

S'ha adjuntat com a annexos els següents documents:

- 1) NC 22:1999 Lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos Higiénicos Sanitarios.
- 2) NC 93-01-128:88 SNPMA Hidrosfera. Determinación de NMP de coliformes fecales y totales.
- 3) NC 93-21:86 Higiene Comunal. Determinación de calor en agua.

ANNEX 1:
RECOPIL·LACIÓ DE DADES

1) Dades microbiològiques**TAULA COLIFORMES TOTALS :**

Resultats obtinguts mitjançant el procés de tubs múltiples de fermentació utilitzant 5 tubs a dilució de 10^{-5} ml .

Data	Punt	Presuntatiu de brou lactosat	Confirmatiu de brou EC
26-02-07	1	5/5	5/5
26-02-07	1	3/5	3/5
26-02-07	1	1/5	0/5
26-02-07	1	0/5	0/5
26-02-07	2	4/5	2/5
26-02-07	2	5/5	1/5
26-02-07	2	2/5	0/5
26-02-07	2	0/5	0/5
05-03-07	1	5/5	5/5
05-03-07	1	5/5	5/5
05-03-07	1	5/5	5/5
05-03-07	1	5/5	5/5
05-03-07	2	5/5	5/5
05-03-07	2	5/5	4/5
05-03-07	2	5/5	5/5
05-03-07	2	2/5	2/5
12-03-07	1	5/5	2/5
12-03-07	1	5/5	5/5
12-03-07	1	5/5	5/5
12-03-07	1	1/5	1/5
12-03-07	2	5/5	3/5
12-03-07	2	5/5	5/5
12-03-07	2	5/5	5/5
12-03-07	2	2/5	2/5

19-03-07	1	5/5	5/5
19-03-07	1	5/5	5/5
19-03-07	1	5/5	5/5
19-03-07	1	3/5	2/5
19-03-07	2	5/5	5/5
19-03-07	2	5/5	5/5
19-03-07	2	5/5	4/5
19-03-07	2	4/5	1/5
26-03-07	1	5/5	5/5
26-03-07	1	5/5	5/5
26-03-07	1	5/5	5/5
26-03-07	1	5/5	5/5
26-03-07	2	5/5	5/5
26-03-07	2	5/5	5/5
26-03-07	2	5/5	5/5
26-03-07	2	0/5	0/5

TAULA COLIFORMES FECALS :

Resultats obtinguts de mitjançant el procés de tubs múltiples de fermentació utilitzant 5 tubs a dilució de 10^{-5} ml .

Data	Punt	Presuntatiu de brou lactosat	Confirmatiu de brou EC
26-02-07	1	5/5	5/5
26-02-07	1	3/5	3/5
26-02-07	1	1/5	0/5
26-02-07	1	0/5	0/5
26-02-07	2	4/5	2/5
26-02-07	2	5/5	1/5
26-02-07	2	2/5	0/5
26-02-07	2	0/5	0/5
05-03-07	1	5/5	4/5
05-03-07	1	5/5	5/5
05-03-07	1	5/5	3/5

05-03-07	1	5/5	3/5
05-03-07	2	5/5	5/5
05-03-07	2	5/5	3/5
05-03-07	2	5/5	5/5
05-03-07	2	2/5	0/5
12-03-07	1	5/5	3/5
12-03-07	1	5/5	5/5
12-03-07	1	5/5	5/5
12-03-07	1	1/5	1/5
12-03-07	2	5/5	3/5
12-03-07	2	5/5	5/5
12-03-07	2	5/5	5/5
12-03-07	2	2/5	2/5
19-03-07	1	5/5	5/5
19-03-07	1	5/5	5/5
19-03-07	1	5/5	4/5
19-03-07	1	3/5	1/5
19-03-07	2	5/5	5/5
19-03-07	2	5/5	5/5
19-03-07	2	5/5	3/5
19-03-07	2	4/5	1/5
26-03-07	1	5/5	5/5
26-03-07	1	5/5	5/5
26-03-07	1	5/5	3/5
26-03-07	1	5/5	3/5
26-03-07	2	5/5	5/5
26-03-07	2	5/5	5/5
26-03-07	2	5/5	5/5
26-03-07	2	0/5	0/5

TAULA ENTEROCOCS FECALS :

Resultats obtinguts de mitjançant el procés de tubs múltiples de fermentació utilitzant 5 tubs a dilució de 10^{-5} ml .

Data	Punt	Brou azida dextrosa	Confirmatiu EVA
26-02-07	1	5/5	1/5
26-02-07	1	5/5	2/5
26-02-07	1	1/5	1/5
26-02-07	1	0/5	0/5
26-02-07	2	5/5	2/5
26-02-07	2	4/5	1/5
26-02-07	2	0/5	0/5
26-02-07	2	0/5	0/5
05-03-07	1	5/5	5/5
05-03-07	1	5/5	3/5
05-03-07	1	2/5	1/5
05-03-07	1	1/5	0/5
05-03-07	2	5/5	5/5
05-03-07	2	5/5	3/5
05-03-07	2	3/5	1/5
05-03-07	2	0/5	0/5
12-03-07	1	5/5	5/5
12-03-07	1	5/5	5/5
12-03-07	1	3/5	3/5
12-03-07	1	0/5	0/5
12-03-07	2	5/5	5/5
12-03-07	2	5/5	5/5
12-03-07	2	1/5	1/5
12-03-07	2	0/5	0/5
19-03-07	1	5/5	5/5
19-03-07	1	5/5	5/5
19-03-07	1	2/5	2/5
19-03-07	1	0/5	0/5
19-03-07	2	5/5	5/5
19-03-07	2	5/5	5/5

19-03-07	2	1/5	0/5
19-03-07	2	0/5	0/5
26-03-07	1	5/5	5/5
26-03-07	1	5/5	5/5
26-03-07	1	5/5	4/5
26-03-07	1	1/5	0/5
26-03-07	2	5/5	5/5
26-03-07	2	5/5	4/5
26-03-07	2	4/5	4/5
26-03-07	2	0/5	0/5

2) Dades anàlisis fisicoquímic**VALORS DE QUITRÀ:**

	26-02-07	05-03-07	12-03-07	19-03-07	26-03-07
Tota la platja	48,45	263,50	89,25	510,00	935,00
mg/m de playa	0,11	0,61	0,21	1,17	2,15

VALORS DE QUITRÀ (mg) AMB 435 m DE LLARGADA DE PLATJA

AIGUA:

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	Latitud	Longitud	Hora	Temp °C	Salinidad ups	pH
1	26/2/2007	230234	813413	10:00	25,0	34	8,70
2	26/2/2007	230224	813410	9:20	25,3	32,5	7,90
1	5/3/2007	230234	813413	9:15	25,4	31,5	8,12
2	5/3/2007	230224	813410	9:45	25,6	29,7	8,19
1	12/3/2007	230234	813413	9:10	23,5	12	8,26
2	12/3/2007	230224	813410	9:40	23,7	12	8,10
1	19/3/2007	230234	813413	11:45	22,6	19	7,80
2	19/3/2007	230224	813410	12:10	22,8	18,7	7,79
1	26/3/2007	230234	813413	8:50	26,3	14	6,80
2	26/3/2007	230224	813410	9:15	26,8	15	7,90
Punt 1	Mitjana	230224	813410	10:15	24,6	22,1	7,94
Punt 2	Mitjana	230224	813410	11:15	24,8	21,58	7,98

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	OD mg/L	SO %	DBO ²⁰ ₅ mg/l	DQO mg/L	GB
1	26/2/2007	6,35	96,5	0,42	2,02	20,59
2	26/2/2007	6,78	102,6	1,21	1,29	93,60
1	5/3/2007	6,79	102,2	1,26	2,74	45,85
2	5/3/2007	6,85	102,2	1,01	3,36	29,93
1	12/3/2007	8,19	105,2	1,05	4,03	26,16
2	12/3/2007	8,58	110,8	1,42	1,42	100,00
1	19/3/2007	8,33	110,04	0,92	2,27	40,43
2	19/3/2007	8,20	108,50	0,43	2,52	17,02
1	26/3/2007	8,15	111,26	1,39	1,39	100,00
2	26/3/2007	8,41	116,45	1,83	2,90	63,00
Punt 1	Mitjana	7,56	105,0	1,01	2,49	46,61
Punt 2	Mitjana	7,76	108,1	1,18	2,30	60,71

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	PI μM/L	PT μM/L	PI/PT
1	26/2/2007	0,13	1,07	12
2	26/2/2007	0,15	0,75	20
1	5/3/2007	0,49	4,06	12
2	5/3/2007	0,16	1,91	9
1	12/3/2007	0,25	0,99	26
2	12/3/2007	0,17	1,07	16
1	19/3/2007	0,50	2,63	19
2	19/3/2007	0,39	1,65	24
1	26/3/2007	0,10	1,59	7
2	26/3/2007	0,42	2,27	18
Punt 1	Mitjana	0,29	2,07	15
Punt 2	Mitjana	0,26	1,53	17,30

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	NO3 + NO2 μM/L	NH4 μM/L	NTI μM/L	NTI/PI	FRACCIÓN SV/ST (%)
1	26/2/2007	0,44	0,26	0,69	5,4	30,00
2	26/2/2007	0,28	0,12	0,40	2,7	36,00
1	5/3/2007	0,63	4,80	5,43	11,1	39,09
2	5/3/2007	0,36	1,62	1,97	12,1	45,54
1	12/3/2007	0,59	6,09	6,68	26,2	16,48
2	12/3/2007	1,13	4,68	5,81	34,9	16,10
1	19/3/2007	0,30	3,67	3,97	8,0	19,20
2	19/3/2007	0,46	2,50	2,97	7,5	20,74
1	26/3/2007	1,64	3,95	5,59	53,68	26,03
2	26/3/2007	1,38	1,99	3,37	8,10	25,48
Punt 1	Mitjana	0,72	3,76	4,47	20,9	26,16
Punt 2	Mitjana	0,72	2,18	2,90	13,06	28,77

SEDIMENT:

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	DQO sedimento	C.O. sedimento	M.O. sedimento
1	26/2/2007	2,02	0,59	4,29
2	26/2/2007	2,60	0,48	3,25
1	5/3/2007	2,02	1,45	3,67
2	5/3/2007	1,76	0,93	4,86
1	12/3/2007	2,60	0,62	1,96
2	12/3/2007	1,26	1,62	2,47
1	19/3/2007	3,73	0,34	2,35
2	19/3/2007	2,55	0,60	2,61
1	26/3/2007	2,07	0,14	2,77
2	26/3/2007	3,70	0,41	3,84
Punt 1	Mitjana	2,49	0,63	3,01
Punt 2	Mitjana	2,38	0,81	3,41

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	P.I. biodisponible	P.O. soluble	PT sedimento	Fracción de PI en sedimento
1	26/2/2007	2834,23	2139,54	7918,08	35,79
2	26/2/2007	2936,10	3154,68	8158,02	35,99
1	5/3/2007	2753,81	2959,04	6993,37	39,38
2	5/3/2007	3191,02	2959,04	6638,65	48,07
1	12/3/2007	3045,31	3072,39	7588,83	40,13
2	12/3/2007	2824,48	2810,83	7319,98	38,59
1	19/3/2007	2514,65	2409,34	7019,49	35,82
2	19/3/2007	2960,78	2588,02	7135,02	41,50
1	26/3/2007	1938,86121	2640,22	6777,17424	28,61
2	26/3/2007	2302,40021	2873,87	7065,23911	32,59
Punt 1	Mitjana	2617,37	2633,67	7259,39	36,05
Punt 2	Mitjana	2842,95	2877,29	7263,38	39,14

ANNEX 2:

LEGISLACIÓ APLICABLE